



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR - TE 091599

**KONSTRUKSI DIAGRAM *LADDER* MENGGUNAKAN
METODE *HUFFMAN* UNTUK SELEKSI DAN PERAKITAN
PART PADA *PLANT DUAL CONVEYOR***

Wildan Ramadhan
NRP 2215105023

Dosen Pembimbing
Dr. Ir. Mochammad Rameli
Eka Iskandar, S.T., M.T.

DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO
Fakultas Teknologi Elektro
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017



TUGAS AKHIR - TE 091599

**Construction of Ladder Diagram using Huffman
Method for Part Selection and Assembly on Dual
Conveyor**

Wildan Ramadhan
NRP 2215105023

Supervisor
Dr. Ir. Mochammad Rameli
Eka Iskandar, S.T., M.T.

ELECTRICAL ENGINEERING DEPARTMENT
Faculty of Electrical Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

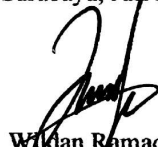
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya dengan judul “**Konstruksi Diagram Ladder Menggunakan Metode Huffman untuk Seleksi dan Perakitan Part pada Plant Dual Conveyor**” adalah merupakan hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diijinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka.

Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, Juli 2017



Wildan Ramadhan
Nrp 2215 105 023

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

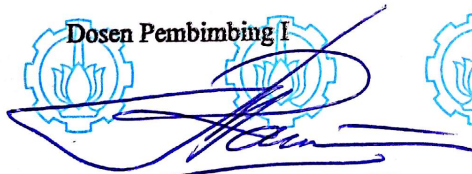
**KONSTRUKSI DIAGRAM LADDER MENGGUNAKAN
METODE HUFFMAN UNTUK SELEKSI DAN PERAKITAN
PART PADA PLANT DUAL CONVEYOR**

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Bidang Studi Teknik Sistem Pengaturan
Departemen Teknik Elektro
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Menyetujui :

Dosen Pembimbing I



Dr. Ir. Mochammad Rameli
NIP. 19541212 1981031002

Dosen Pembimbing II



Eka Iskandar, ST., MT.
NIP. 19800528 2008121001



KONSTRUKSI DIAGRAM *LADDER* MENGUNAKAN METODE *HUFFMAN* UNTUK SELEKSI DAN PERAKITAN *PART* PADA *PLAN* *DUAL CONVEYOR*

Nama : Wildan Ramadhan
Pembimbing : 1. Dr. Ir. Mochammad Rameli
2. Eka Iskandar ST., MT.

ABSTRAK

Mengkonstruksi *ladder diagram* untuk proses yang sangat rumit seperti *handling*, *assembly*, *welding*, *loading*, *unloading*, *sealing* dan *painting* tidak mungkin dapat dilakukan dengan cara *trial and error* saja, tetapi dibutuhkan suatu metode untuk mempermudah konstruksi *ladder diagram* tersebut. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengkonstruksi *ladder diagram* ialah metode *Huffman*. Konveyor sering digunakan dalam industri manufaktur terutama untuk proses *assembly*. *Programmable Logic Controller* (PLC) berperan sebagai pengendali konveyor dengan bahasa pemrograman *ladder diagram*. *Ladder diagram* akan menyusun perintah secara bertahap atau sekuensial. Selain itu, salah satu komponen utama PLC ialah relay yang dapat diimplementasi sebagai fungsi logika. Namun, terdapat batasan jumlah relay yang dapat digunakan dalam satu PLC. Oleh karena itu, dibutuhkan suatu cara untuk mengkonstruksi *ladder diagram* dengan meminimalkan penggunaan relay. Metode *Huffman* merupakan metode klasik yang tepat untuk merancang sistem sekuensial dengan meminimalkan jumlah pemakaian relay. Metode ini akan digunakan untuk mengkonstruksi *ladder diagram* suatu proses perakitan, lalu diimplementasikan pada *plant Dual Conveyor*.

Kata kunci : *Dual Conveyor*, *Huffman*, *Ladder Diagram*, PLC, *Rung*.

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

CONSTRUCTION OF LADDER DIAGRAM USING HUFFMAN METHOD FOR PART SELECTION AND ASSEMBLY ON DUAL CONVEYOR

Name : Wildan Ramadhan
Supervisor : 1. Dr. Ir. Mochammad Rameli
2. Eka Iskandar ST., MT.

ABSTRACT

Constructing ladder diagrams for very complex processes such as handling, assembly, welding, loading, unloading, sealing and painting can not be done by trial and error, but a method is needed to simplify the construction of the ladder diagram. One method that can be used to construct a ladder diagram is the Huffman method. Conveyors are often used in manufacturing industry especially for assembly process. Programmable Logic Controller (PLC) acts as conveyor controller with programming language ladder diagram. Ladder diagrams will arrange orders gradually or sequentially. In addition, one of the main components of PLC is a relay that can be implemented as a logical function. However, there is a limit to the number of relays that can be used in a single PLC. Therefore, we need a way to construct the ladder diagram by minimizing the use of the relay. The Huffman method is an appropriate classical method for designing a sequential system by minimizing the amount of relay usage. This method will be used to construct a ladder diagram of an assembly process, then implemented on a Dual Conveyor plant.

Keywords : Dual Conveyor, Huffman, Ladder Diagram, PLC, Rung.

[Halaman ini sengaja dikosongkan]


KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji serta syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT karena berkat rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “**Konstruksi Diagram *Ladder* Menggunakan Metode *Huffman* untuk Seleksi dan Perakitan *Part* pada *Plant Dual Conveyor***” Penulis juga berterimakasih kepada semua pihak yang telah membantu terselesaikannya karya tulis ini. Oleh karena itu, ucapan terimakasih penulis sampaikan khusus kepada :

1. Kedua orang tua, serta keluarga.
2. Bapak Mochammad Rameli dan Bapak Eka Iskandar sebagai pembimbing.
3. Rekan-rekan Lintas Jalur angkatan 2015, terutama mahasiswa Teknik Sistem Pengaturan.
4. Rekan-rekan asisten B105 Teknik Sistem Pengaturan.
5. Pihak lain yang ikut membantu penulis tidak dapat disebutkan namanya satu-persatu.

Semoga karya tulis ini dapat bermanfaat khususnya bagi penulis dan bagi penelitian selanjutnya.

Surabaya, Juli 2017



Wildan Ramadhan
NRP 2215 105 023

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

TABLE OF CONTENTS

<i>TITLE PAGE</i>	i
STATEMENT OF AUTHENTICITY OF FINAL PROJECT	iii
VALIDITY SHEET OF FINAL PROJECT	v
ABSTRAK	vii
<i>ABSTRACT</i>	ix
<i>PREFACE</i>	xi
DAFTAR ISI	xiii
<i>TABLE OF CONTENTS</i>	xiii
<i>LIST OF PICTURES</i>	xv
<i>LIST OF TABLES</i>	xvii
<i>CHAPTER 1 INTRODUCTION</i>	1
1.1 <i>Background</i>	1
1.2 <i>Formulation of The Problem</i>	2
1.3 <i>Research Purpose</i>	2
1.4 <i>Research Metodology</i>	2
1.5 <i>Systematic</i>	3
1.6 <i>Relevance</i>	3
<i>CHAPTER 2 BASIC THEORY</i>	5
2.1 <i>Dual Conveyor Workcell Systems</i>	5
2.1.1 <i>Work Unit</i>	6
2.1.2 <i>Conveyor</i>	7
2.1.3 <i>Linear Solenoid – Dispenser and Flipper</i>	7
2.1.4 <i>Opto-detector Sensor</i>	8
2.1.5 <i>Heigh-detector</i>	9
2.1.6 <i>Induktive Sensor</i>	10
2.2 <i>Programmable Logic Control – PLC</i>	11
2.2.1 <i>Central Processing Unit</i>	12
2.2.2 <i>Memory</i>	12
2.2.3 <i>Input/Outpt Module</i>	12
2.2.4 <i>Addressing</i>	13
2.2.5 <i>Program Instruction PLC</i>	13
2.3 <i>PLC OMRON CPIE-30</i>	14
2.4 <i>Power Supply</i>	16
2.6 <i>Huffman</i>	16
<i>CHAPTER 3 SYSTEM DESIGN</i>	17
3.1 <i>System Planning</i>	17
3.1.1 <i>Step System Work</i>	20

3.2 <i>System Design with Huffman Method</i>	24
3.2.1 <i>Part 1</i>	24
3.2.2 <i>Part 2</i>	28
3.2.3 <i>Part 3</i>	30
3.2.3 <i>Part 4</i>	35
3.2.4 <i>Part 5</i>	38
3.2.5 <i>Part 6</i>	40
<i>CHAPTER 4</i>	
<i>SIMULATION, IMPLEMENTATION AND ANALYSIS</i>	43
4.1 <i>Simulation</i>	43
4.2 <i>Implementation</i>	46
4.2.1 <i>Wiring</i>	46
4.2.2 <i>Testing System</i>	48
4.3 <i>System Analysis</i>	51
<i>CHAPTER 5 CLOSING</i>	53
5.1 <i>Conclusion</i>	53
5.2 <i>Suggestion</i>	53
<i>BIBLIOGRAPHY</i>	55
<i>ENCLOSURE</i>	57
<i>BIOGRAPHY</i>	63

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Dual Conveyor Workcell.....	5
Gambar 2.2 Benda Kerja	6
Gambar 2.3 Dual Conveyor.....	7
Gambar 2.4 Selenoid	8
Gambar 2.5 Fototransistor.....	9
Gambar 2.6 Model Reclective sensor.....	9
Gambar 2.7 Model trubeam sensor	10
Gambar 2.8 Heigh-detector	10
Gambar 2.9 Sensor Induktif	11
Gambar 2.10 Blok diagram PLC.....	12
Gambar 2.11 PLC OMRON CP1E-30 Tampak Atas.....	14
Gambar 2.12 Indikator Operasi.....	15
Gambar 2.13 Catu daya	16
Gambar 3.1 Prosedur metode Huffam.....	17
Gambar 3.2 Input Sistem.....	17
Gambar 3.3 Output Sistem	19
Gambar 3.4 Squence chart sistem	23
Gambar 3.5 Squence chart bagian 1	24
Gambar 3.6 Squence chart bagian 2.....	28
Gambar 3.7 Squence chart bagian 3.....	30
Gambar 3.8 Squence chart bagian 4.....	35
Gambar 3.9 Squence chart bagian 5.....	38
Gambar 3.10 Squence chart bagian 6.....	40
Gambar 4.1 Fluidsims	43
Gambar 4.2 Interface PCB	46
Gambar 4.3 Pengkabelan pada PLC.....	47
Gambar 4.4 Hasil Pengujian Bagian 1	48
Gambar 4.5 Hasil Pengujian Bagian 3	49
Gambar 4.6 Hasil Pengujian Bagian 4	50
Gambar 4.7 Hasil Pengujian Bagian 5	50
Gambar 4.8 Hasil Pengujian Bagian 6	51

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kriteria Benda Kerja	6
Tabel 2.2 Addressing CP1E	13
Tabel 2.3 Instruksi Dasar PLC	13
Tabel 2.4 Indikator Operasi.....	15
Tabel 3.1 Input Sistem	18
Tabel 3.2 Output Sistem.....	19
Tabel 3.3 Flowchart Langkah Kerja.....	21
Tabel 3.4 Primitive Flow Table Bagian 1	24
Tabel 3.5 Penugasan State Bagian 1	25
Tabel 3.6 Tabel Kebenaran Bagian 1	25
Tabel 3.7 Tabel Penurunan dan Ladder Diagram Bagian 1	26
Tabel 3.8 Primitive Flow Table Bagian 2	28
Tabel 3.9 Penugasan State Bagian 2	28
Tabel 3.10 Tabel Kebenaran Bagian 2	29
Tabel 3.11 Tabel Penurunan dan Ladder Diagram Bagian 2	29
Tabel 3.12 Primitive Flow Table Bagian 3	30
Tabel 3.13 Penugasan State Bagian 3	31
Tabel 3.14 Tabel Kebenaran Bagian 3	31
Tabel 3.15 Tabel Penurunan dan Ladder Diagram Bagian 3	32
Tabel 3.16 Primitive Flow Table Bagian 4	35
Tabel 3.17 Penugasan State Bagian 4	35
Tabel 3.18 Tabel Kebenaran Bagian 4	36
Tabel 3.19 Tabel Penurunan dan Ladder Diagram Bagian 4	36
Tabel 3.20 Primitive Flow Table Bagian 5	39
Tabel 3.21 Penugasan State Bagian 5	39
Tabel 3.22 Tabel Kebenaran Bagian 5	39
Tabel 3.23 Tabel Penurunan dan Ladder Diagram Bagian 5	40
Tabel 3.24 Primitive Flow Table Bagian 6	41
Tabel 3.25 Penugasan State Bagian 6	41
Tabel 3.26 Tabel Kebenaran Bagian 6	41
Tabel 3.27 Tabel Penurunan dan Ladder Diagram Bagian 6	42
Tabel 4.1 Simulasi Sistem	44
Tabel 4.2 Alamat Memori Dual Conveyor.....	47
Tabel 4.3 Penggunaan Relay	51

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Industri manufaktur memiliki peran penting dalam perakitan dari bahan mentah atau barang setengah jadi menjadi barang jadi. Pada proses perakitan, terjadi berbagai proses seperti pemilihan bahan, pemisahan komponen, hingga perakitan. Biasanya proses ini membutuhkan waktu yang sangat lama apabila dikerjakan menggunakan tenaga manusia. Untuk mengatasi hal tersebut, terdapat alat bantu dalam proses perakitan seperti konveyor.

Konveyor merupakan suatu sistem mekanik untuk memindahkan barang dari satu tempat ke tempat lain. Konveyor digerakkan oleh motor yang biasanya dikendalikan oleh *Programmable Logic Controller* (PLC) dengan program suatu *ladder diagram*. Penggunaan Konveyor dalam industri tidak hanya menggunakan satu konveyor saja sehingga dibutuhkan konstruksi *ladder diagram* untuk banyak aksi kontrol seperti pada *dual conveyor*. Kesulitan yang mungkin terjadi pada konstruksi *dual conveyor* ialah semakin banyaknya sensor dan aktuator yang perlu dikendalikan oleh PLC. Dengan memanfaatkan kemampuan konveyor yang dikendalikan PLC dan dilengkapi berbagai macam sensor dan aktuator sesuai kebutuhan, proses perakitan akan lebih cepat dan efisien.

PLC sendiri merupakan rangkaian elektronik yang dapat mengerjakan berbagai fungsi kontrol pada level yang kompleks. PLC dapat diprogram, dikontrol, dan dioperasikan sesuai dengan operasi yang dibutuhkannya. Salah satu operasi yang dapat dilakukan ialah *relay logic* karena modul I/O merupakan rangkaian yang terdiri dari sejumlah susunan relay. Relay terdiri dari koil dan kontak *Normally Open* (NO) atau kontak *Normally Closed* (NC). Jumlah relay yang dimiliki PLC terbatas, tergantung banyaknya modul I/O yang digunakan.

Bahasa pemrograman PLC yang lazim digunakan ialah *ladder diagram*. Kontak digunakan sebagai masukan, sedangkan koil digunakan sebagai keluaran dari program *ladder diagram*. Untuk membangun suatu program proses perakitan dengan *ladder diagram* bukan merupakan hal yang mudah dilakukan karena suatu proses perakitan memiliki proses yang kompleks dan pastinya banyak menggunakan operasi relay yang terbatas. Maka dari itu, diperlukan suatu cara atau metode untuk

meminimalkan penggunaan relay tanpa mengurangi kegiatan pada proses perakitan.

1.2 Permasalahan

Pada tugas akhir ini, hal yang menjadi fokus permasalahan adalah tentang bagaimana pembuatan konstruksi *ladder diagram* dengan menggunakan metode pemodelan *Huffman* pada proses otomasi *plant dual conveyor*.

1.3 Tujuan

Tujuan dari tugas akhir ini adalah membuat pemodelan dari proses otomasi *plant dual conveyor* dengan metode *Huffman* kemudian mengimplementasikan hasil dari pemodelan tersebut pada pembuatan konstruksi *ladder diagram*. Diharapkan hasil konstruksi *ladder diagram* bisa mengoperasikan *plant dual conveyor* sesuai dengan fungsinya setelah diimplementasikan pada kontroler PLC.

1.4 Metodologi

Metode yang digunakan dalam pengerjaan Tugas Akhir ini antara lain meliputi :

a. Studi Literatur

Studi literatur perlu dilakukan untuk menunjang penguasaan bahasan mengenai tugas akhir yang dikerjakan melalui media cetak berupa buku sumber, *paper* ataupun jurnal. Hal yang dipelajari meliputi : Metode pemrograman PLC (*ladder diagram*), proses pengoperasian *plant dual conveyor*, konstruksi *ladder diagram* dengan metode *Huffman*.

b. Pemodelan Sistem

Setelah dilakukan identifikasi pada *plant*, dilakukan pemodelan sistem menggunakan metode yang telah dipilih, yaitu metode *Huffman*.

c. Simulasi & Analisis

Hasil dari pemodelan dilakukan simulasi yang disertai dengan analisis untuk mengoreksi kesesuaian dengan hasil yang diinginkan.

d. Implementasi

Hasil dari pemodelan sistem, digunakan untuk membuat konstruksi *ladder diagram* yang diprogram pada PLC untuk digunakan sebagai kontrol pada *plant dual conveyor*.

e. Penyusunan Laporan Tugas Akhir

Penulisan dan penyusunan laporan tugas akhir, yang terdiri dari bab pendahuluan, dasar teori, perancangan sistem, implementasi dan penutup.

1.5 Sistematika

Penulisan Tugas Akhir ini disusun dalam lima bab yang masing-masing membahas permasalahan yang berhubungan dengan Tugas Akhir yang telah dibuat dengan sistematika penulisan sebagai berikut:

Bab I Pendahuluan

Bab ini meliputi latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, metodologi penelitian, sistematika laporan, dan relevansi.

Bab II Tinjauan Pustaka

Bab ini membahas tinjauan pustaka yang membantu penelitian, di antaranya adalah teori pemodelan *Huffman*, teori sistem *plant dual conveyor*, teori instrumentasi sistem tentang sensor dan aktuator yang digunakan serta teori otomasi sistem tentang pemrograman *ladder diagram* pada PLC .

Bab III Perancangan Sistem

Bab ini membahas perancangan sistem yang meliputi perancangan langkah sistem *plant dual conveyor*, pemodelan sistem otomasi *plant dual conveyor* dengan metode *Huffman*, perancangan *ladder diagram* sehingga membantu pembaca dalam memahami tahapan dari setiap proses dalam sistem yang dirancang.

Bab IV Simulasi, Pengujian dan Analisa Sistem

Bab ini memuat hasil konstruksi *ladder diagram* dari penerapan pemodelan yang telah dibuat dan analisisnya.

Bab V Penutup

Bab ini berisi kesimpulan dan saran dari hasil pembahasan yang telah diperoleh.

1.6 Relevansi atau Manfaat

Hasil dari Tugas Akhir ini diharapkan dapat berkontribusi dalam pengembangan penelitian tentang pembuatan konstruksi *ladder diagram* dengan bantuan pemodelan metode *Huffman* serta diharapkan dapat digunakan sebagai referensi untuk implementasi ataupun pengembangan di masa mendatang.

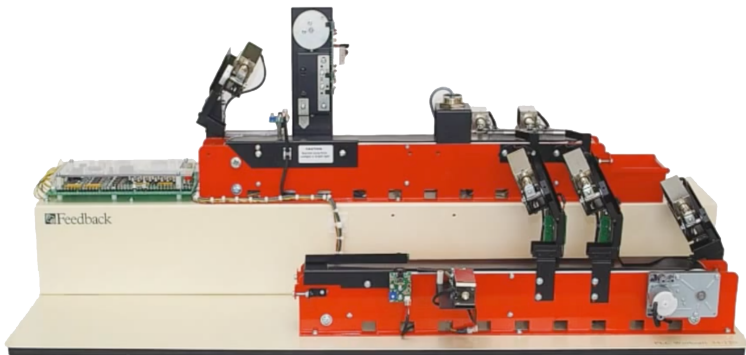
BAB 2

TEORI DASAR

Pemahaman teori dasar terhadap setiap bagian dari sistem *dual conveyor* sangat diperlukan agar membantu proses pekerjaan selama mengerjakan tugas akhir ini. Pada bab ini dijelaskan beberapa penunjang untuk memahami sistem pada *dual conveyor*.

2.1 Dual Conveyor Workcell Systems

Dual conveyor workcell systems seperti pada gambar 2.1, dimaksudkan untuk penanganan material dengan menggunakan dua buah conveyor secara bersamaan atau berurutan. Pada tugas akhir ini, dual conveyor digunakan sebagai perangkat utama untuk merakit serta memisahkan suatu komponen atau benda kerja dengan kriteria yang telah ditentukan.



Gambar 2.1 Dual Conveyor Workcell

[1] Terdapat sebuah driver atau interface PCB yang memiliki peran untuk menghubungkan seluruh sistem sehingga dapat dikendalikan menggunakan Programable Logic Control (PLC). Berikut ini bagian-bagian dari dual conveyor workcell systems yang berperan penting selama proses perakitan benda kerja.

1. Conveyor
2. Dispenser
3. Opto-detector
4. Height-detector

5. Inductive sensor
6. Flippers
7. Power Supplies
8. Interface PCB

2.1.1 Benda Kerja [1]

Benda kerja seperti pada gambar 2.2 yang digunakan pada sistem ini dibagi menjadi dua jenis yaitu ‘base’ dan ‘washer’. Base merupakan benda kerja dengan bentuk seperti pasak (peg), sedangkan washer merupakan benda kerja dengan dua buah jenis bahan yaitu metal dan plastik yang memiliki bentuk berlubang pada bagian tengahnya serta memiliki tiga bentuk ukuran ketinggian yang berbeda. Sistem ini akan menggabungkan base dan washer serta memisahkan hasil penggabungan atau perakitan berdasarkan jenis bahan dari washer yang terpasang pada base.



Gambar 2.2 Benda kerja

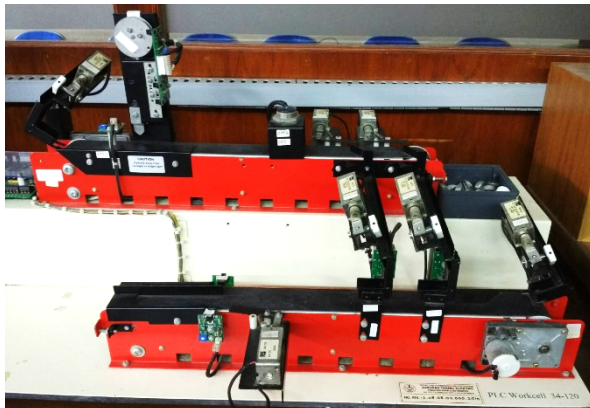
Saat proses perakitan benda kerja terjadi pemilihan pada ukuran ketinggian washer untuk disebut layak atau tidak layak dirakit seperti pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Kriteia benda kerja

Part	Tinggi
Layak	8 mm
Tidak layak	7 mm dan 9 mm

2.1.2 Conveyor

Conveyor seperti pada gambar 2.3 merupakan suatu sistem mekanika untuk penanganan material yang harus bergerak dari satu lokasi ke lokasi lain. Penggunaan conveyor memungkinkan pergerakan material menjadi lebih cepat dan efisien karena mampu memindahkan berbagai macam material, terutama untuk material dengan ukuran besar atau berat yang tidak mungkin digerakkan oleh manusia.



Gambar 2.3 Dual Conveyor

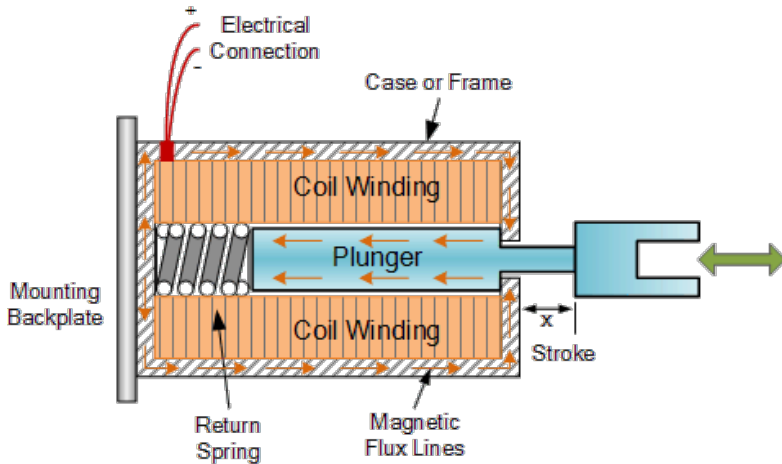
[1] Pada sistem ini penggerak conveyor merupakan sebuah motor DC dengan rasio 600:1 gearboxes power yang dihubungkan pada belt sebagai alas benda kerja sehingga benda kerja dapat bergerak.

2.1.3 Selenoid Linier - Dispenser dan Flipper

Dispenser dan Flipper pada sistem ini menggunakan penggerak berupa selenoid linier. Selenoid linier adalah perangkat elektromagnetik yang mengubah energi listrik menjadi dorongan mekanis. Selenoid linier pada dasarnya terdiri dari kumparan di sekitar tabung silinder dengan aktuatur ferro-magnetik atau plugger yang bebas bergerak ke dalam dan keluar dari badan kumparan seperti pada gambar 2.4.

[2] Ketika arus listrik mengalir melalui konduktor, maka akan menghasilkan medan magnet dan arah medan magnet ini berkaitan dengan kutub utara dan selatan yang ditentukan oleh arah aliran arus di dalam kawat. Kumparan kawat menjadi elektromagnet dengan kutub

utara dan selatan seperti pada magnet permanen. Kekuatan medan magnet ini dapat ditingkatkan atau dikurangi dengan mengendalikan jumlah arus yang mengalir melalui koil atau dengan mengubah jumlah putaran yang dimiliki koil.



Gambar 2.4 Selenoid

Bila arus suplai tidak ada, maka medan elektromagnetik yang dihasilkan sebelumnya akan menghilang sehingga plunger yang sebelumnya telah keluar akan kembali masuk ke dalam.

Untuk mengetahui seberapa besar medan magnet dapat menggerakkan plunger keluar dapat diketahui melalui perhitungan sebagai berikut.

$$B = \mu_0 \cdot i \cdot n \quad (2.1)$$

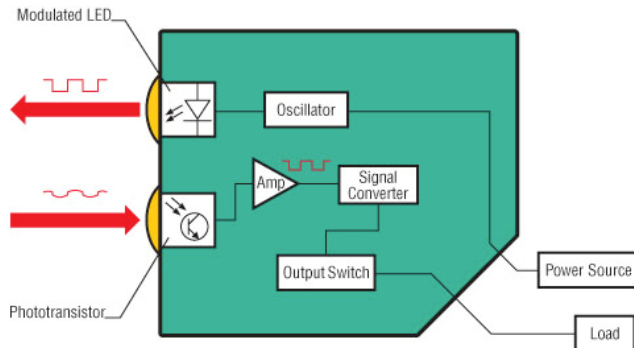
Dimana :

- B adalah kuat medan magnet
- μ_0 adalah permeabilitas ruang kosong
- i adalah kuat arus yang mengalir
- n adalah jumlah lilitan pada kumparan

2.1.4 Sensor Opto-detector [3]

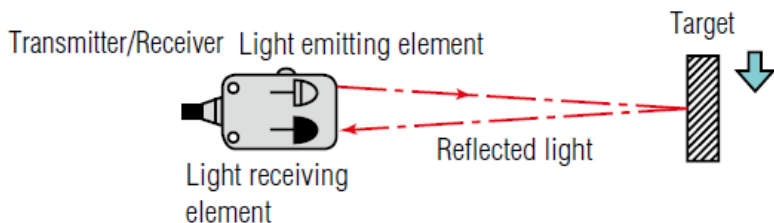
Opto-detector mendeteksi benda kerja dengan cara merasakan perubahan dari intensitas cahaya. Sensor ini terdiri dari sumber cahaya

(LED), receiver (fototransistor), konvertersinyal, dan amplifier seperti pada gambar 2.5



Gambar 2.5 Fototransistor

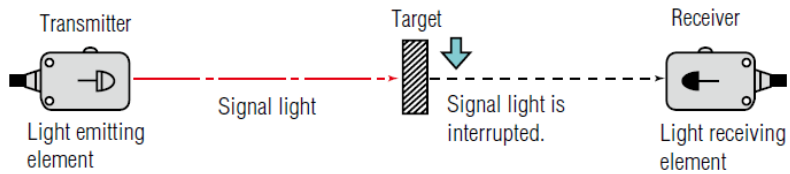
Fototransistor menganalisis cahaya masuk, memverifikasi bahwa sinyal itu berasal dari LED dan akan memicu keluaran. Jenis cahaya dan metode deteksi bervariasi tergantung sensor. Pada sistem ini, sensor yang digunakan merupakan model reflektive seperti yang diilustrasikan pada gambar 2.6



Gambar 2.6 Model reflective sensor

2.1.5 Heigh-detector [3]

Heigh-detector sama halnya dengan sensor opto-detector yang menggunakan perubahan intensitas cahaya untuk mendeteksi benda, namun pada sensor di rancang khusus dengan model thrubeam seperti pada gambar 2.7.



Gambar 2.7 Model trubeam sensor

Sensor ketinggian (ketebalan) digunakan kombinasi motor dc dan sensor photoelektrik yang konstruksinya dirancang khusus agar bisa menjadi acuan pengukur ketinggian benda kerja yang sesuai. Apabila benda kerja yang diukur memiliki ketinggian yang tidak standar, maka sensor photoelektrik tidak aktif karena detektor dari photoelektrik tidak dapat mendeteksi sinyal dari emitter. Namun, jika benda kerja yang diukur memiliki ketinggian yang standar, maka photoelektrik akan aktif karena sinyal dari emitter dapat terkirim menuju detektor melalui lubang yang telah dirancang khusus untuk pengukuran kondisi ketinggian yang standar seperti pada gambar 2.8.



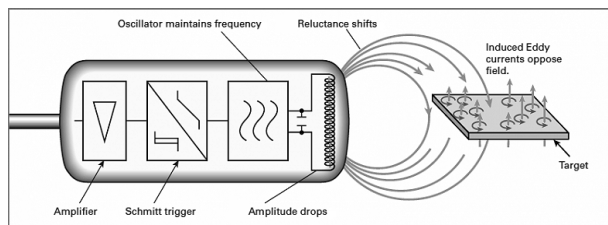
Gambar 2.8 Heigh-deceter

2.1.6 Sensor Induktif [4]

Sensor induktif seperti pada gambar 2.9 digunakan untuk mendeteksi benda logam. Prinsip kerjanya didasarkan pada koil dan

osilator yang menciptakan medan elektromagnetik di daerah sekitar permukaan sensor.

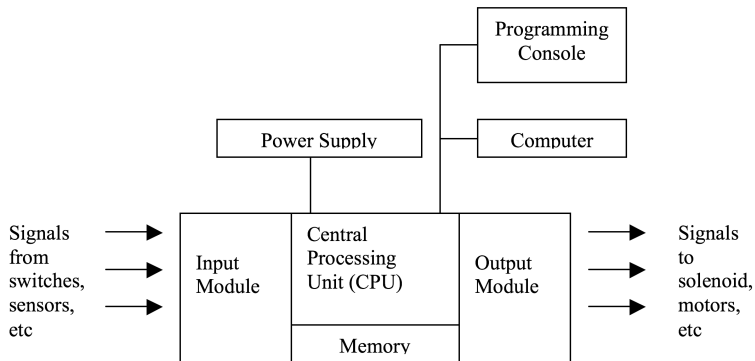
Ketika sepotong logam memasuki daerah yang berada dalam medan elektromagnetik, sebagian energi osilasi dipindahkan ke logam. Energi yang dipindahkan ini menghasilkan arus listrik yang disebut arus eddy. Arus eddy yang mengalir menghadapi hambatan listrik ketika mencoba untuk bersirkulasi. Hal ini menciptakan sejumlah daya yang hilang dalam bentuk panas. Kehilangan daya tidak sepenuhnya digantikan oleh sumber internal sensor, sehingga amplitudo osilasi sensor menurun. Akhirnya, osilasi berkurang sampai pada titik dimana rangkaian internal lain yang disebut schmitt trigger mendeteksi bahwa level tersebut telah turun dibawah ambang batas yang telah ditentukan. Ambang batas ini merupakan tingkat dimana keberadaan logam akan dikonfirmasi. Setelah mendeteksi schmitt trigger, output sensor dinyalakan



Gambar 2.9 Sensor induktif

2.2 Programmable Logic Control – PLC

Programmable Logic Control (PLC) adalah sebuah komputer khusus yang ditujukan untuk pengaturan proses di industri. PLC merupakan pengganti dari sistem kendali berbasis relay yang terhubung secara *hardwired*. Terdapat dua tipe PLC yaitu compact dan modular yang dibedakan berdasarkan kapasitas yang dimiliki. Untuk memprogram sebuah PLC, terdapat lima bahasa yang dapat digunakan antara lain ladder diagram (LD), function block diagram FBD, Structure Text (ST), Instruction List (IL), Squential Function Chart (SFC). PLC terdiri dari Central Processing Unit (CPU) yang berisi program aplikasi, memori (RAM dan ROM), dan modul interface Input-Output (I/O) yang terhubung langsung dengan peralatan fisik input (switch, sensor) dan output (motor, solenoid, lampu) seperti yang digambarkan pada gambar 2.10.



Gambar 2.10 Blok diagram PLC

2.2.1 Central Processing Unit

CPU adalah sebuah mikroprosesor yang mengatur kerja dari sistem PLC. CPU ini menjalankan program, memproses sinyal I/O, dan mengupdate status input-ouput salam suatu scan time tertentu

Scan time merupakan waktu yang diperlukan untuk proses pembacaan status input, memproses dan mengubah output secara sekuential dan kontinyu.

2.2.2 Memory

Memory pada PLC terbagi menjadi operating system memory dan user memory. Operating system memory berupa ROM dan berfungsi untuk menterjemahkan program mejadi bahasa yang dimengerti oleh processor.

User memory berisi status I/O, user program, timer/counter, dan data-data lain dari user. User memory bisa berupa RAM yang dilenkapu dengan baterai agar program dalam PLC tidak hilang ketika power dimatikan. User memory juga bisa berupa EEPROM.

2.2.3 Input/Output Module

Input.Output Module adalah bagian dari PLC yang berhubungan langsung dengan dunia luar secara fisik. Jumlah input/output yang digunakan dalam suatu sistem sangat penting untuk menentukan tipe PLC yang akan digunakan.

2.2.4 Addressing [5]

Addressing adalah hal yang sangat penting dari pemrograman PLC, Setiap merk PLC memiliki konvensi addressing yang berbeda. Berikut ini tabel 2.2 merupakan addressing yang dimiliki oleh PLC Omron CP1E

Tabel 2.2 Addressing CP1E.

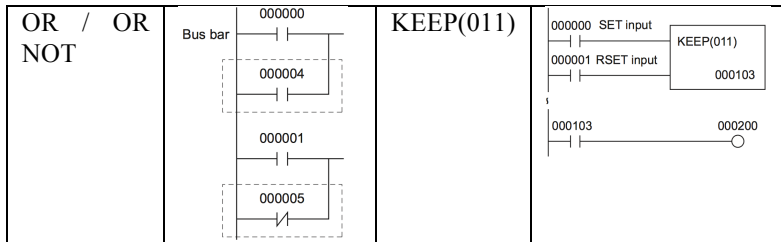
Area		Channel		Relay	
			In CX-P		In CX-P
CIO area	I/O area	000 to 199	0 to 199	00000 to 19915	0.00 to 199.15
	Serial PLC link area	200 to 289 CH	200 to 289	20000 to 28915	200.00 to 289.15
Work area		W00 to W099 CH	W00 to W99	W0000 to W9915	W0.00 to W99.15
Holding area		H00 to H49 CH	H0 to H49	H0000 to H4915	H0.00 to H49.15
Auxiliary area		A000 to A753 CH	A000 to A753	A00000 to A75315	A0.00 to A753.15
DM area	E□□(S)-type	D00000 to D02047	D0 to D02047	-	-
	N/NA□□(□)-type	D00000 to D08191	D0 to D08191	-	-
Timer		T000 to T255	T0 to T255	T000 to T255	T0000 to T0255
Counter		C000 to C255	C000 to C255	C000 to C255	C0000 to C0255

2.2.5 Instruksi Program PLC

Bahasa pemrograman PLC yang sering digunakan yaitu dalam bahasa ladder diagram yang terdiri dari kontak dan coil. Berikut tabel 2.3 menunjukkan instuksi dasar pada PLC.

Tabel 2.3 Instruksi dasar PLC

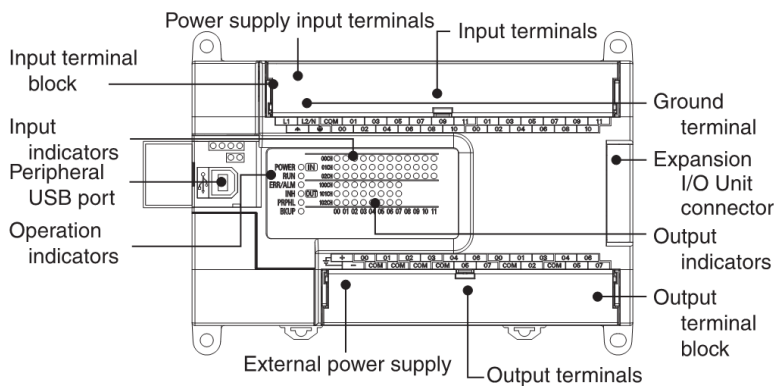
Kontak		Coil	
Instruction	Ladder Diagram	Instruction	Ladder diagram
LD / LD NOT		OUT / OUT NOT	
AND / AND NOT		SET / RSET	



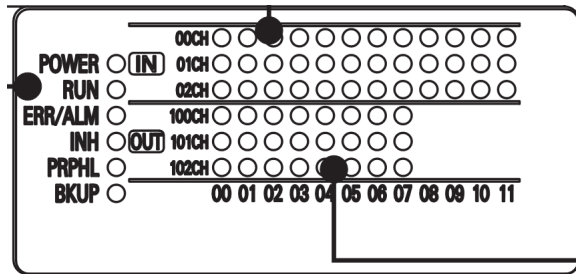
2.3 PLC OMRON CP1E-30

Pada proses implementasi program *ladder* diagram digunakan PLC dengan tipe Omron CP1E-30 seperti gambar 2.11 dan 2.12 untuk menjadi kontroler pada proses otomatisasi *Plan dua conveyor*, karena memiliki spesifikasi yang dimiliki memadai untuk mengendalikan *plant dua conveyor* yakni:

- Tegangan *input/output* 24 V DC.
- Jumlah modul *input* adalah 18 buahm sedangkan *input* yang dibutuhkan adalah 12 buah.
- Jumlah *output* adalah 12 buahm sedangkan *output* yang dibutuhkan adalah 10 buah.



Gambar 2.11 PLC OMRON CP1E-30 tampak atas



Gambar 2.12 Indikator operasi

Penjelasan dari indikator operasi PLC moron CP1E ditampilkan dalam tabel 2.4.

Tabel 2.4 Indikator Operasi

No	Indikator	Status	Arti
1	POWER	ON	PLC sedang terhubung dengan catu daya
		OFF	PLC Tidak terhubung dengan catu daya
2	RUN	ON	PLC beroperasi dalam mode MONITOR/RUN
		OFF	PLC beroperasi dalam mode program atau terjadi kesalahan fatal
3	ERR/ALM	ON	Terjadi kesalahan fatal
		Berkedip	Terjadi kesalahan namun tidak fatal
		OFF	PLC beroperasi normal
4	INH	ON	Seluruh <i>output</i> berubah menjadi OFF
		OFF	Kondisi <i>output</i> normal
5	PRPHL	Berkedip	Sedang berjalan proses komunikasi data dengan komputer/laptop
		OFF	Tidak ada komunikasi
6	BKUP	ON	Program pengguna, parameter, dan kata-kata tertentu di area DM sedang ditulis ke memori cadangan (Riza, 2012).
		OFF	Tidak ada proses <i>backup</i>

7	Input	ON	Sinyal <i>input</i> dari <i>plant</i> aktif
		OFF	Sinyal <i>input</i> dari <i>plant</i> non aktif
8	Output	ON	Sinyal <i>output</i> menuju <i>plant</i> aktif
		OFF	Sinyal <i>output</i> menuju <i>plant</i> non aktif

2.4 Catu Daya

Power supply menjadi sumber listrik untuk menghidupkan seluruh sistem *duayl conveyor*. Untuk mengaktifkan PLC dibutuhkan sumber tegangan 220V AC. Lalu untuk memenuhi kebutuhan sensor dan aktuator, dibutuhkan sumber tegangan 24V DC dengan arus 5 Ampere.

Pada proses implementasi, digunakan *Power supply* dengan spesifikasi sesuai dengan gambar 2.13.



Gambar 2.13 Catu daya

2.5 Huffman [6]

Metode Huffman merupakan metode klasik yang rumit untuk merancang suatu sistem sekuensial dengan hasil desain meminimalkan penggunaan coil/relay pada PLC.

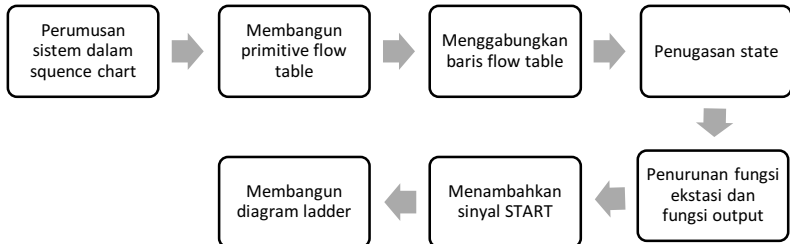
Terdapat beberapa prosedur yang harus dilakukan dengan metode Huffman ini yaitu :

1. Membangun primitive Flow Table
2. Menggabungkan baris Flow Table
3. Penugasan state
4. Penurunan eksitasi dan fungsi output
5. Menambahkan sinyal START
6. Menggambar diagram ladder.

BAB 3

PERANCANGAN SISTEM

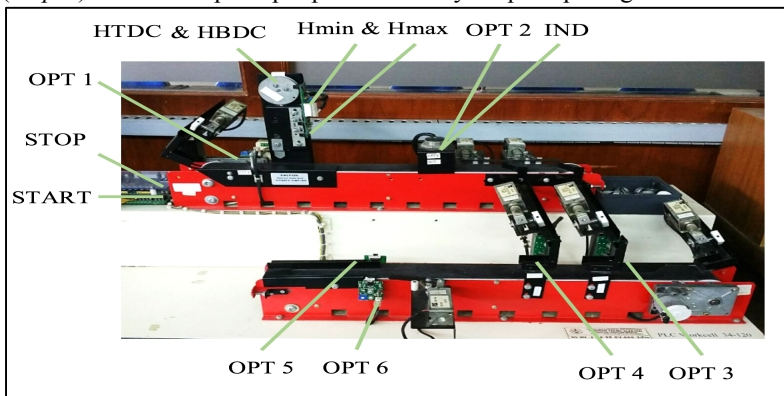
Untuk membangun sistem dengan menggunakan metode Huffman, dilakukan tahapan seperti pada gambar 3.1 berikut ini.



Gambar 3.1 Prosedur metode *Huffman*

3.1 Perumusan Sistem

Untuk memudahkan pemahaman tentang langkah kerja dari proses otomasi *dual conveyor workcell* perlu terlebih dahulu mengetahui semua komponen utama yang terdapat dalam sistemnya, yakni sensor dan aktuator yang digunakan, serta lokasi peletakan setiap komponen agar mendukung proses otomasi yang diinginkan. Oleh karena itu dimuat gambar dan penjelasan dari komponen sensor (*input*) dan aktuator (*output*) untuk mempercepat pemahamannya seperti pada gambar 3.2.



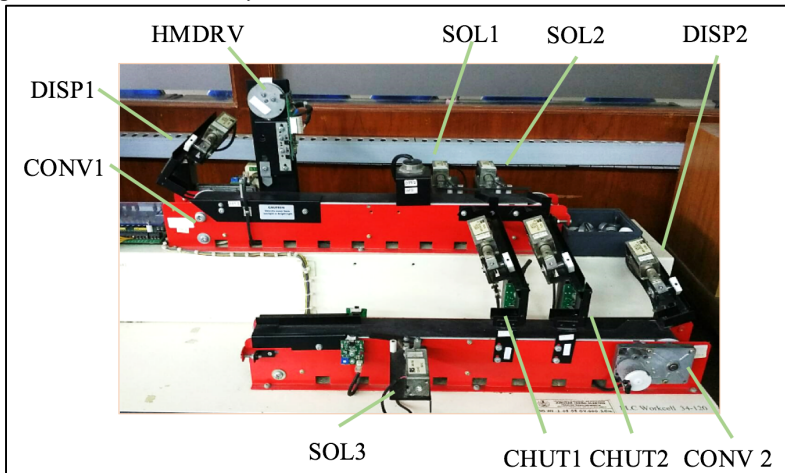
Gambar 3.2 Input Sistem

Tabel 3.1 berikut merupakan penjelasan tentang bagian sensor atau *input* dari sistem *dual conveyor workcell*.

Tabel 3.1 Input Sistem

No	Nama	Simbol	Fungsi
1	Tombol Mulai	Start	Untuk memulai proses keseluruhan
2	Tombol Berhenti	Stop	Untuk menghentikan proses keseluruhan
3	Sensor Opto 1	OPT1	Mendeteksi benda kerja sebelum proses pengukuran ketinggian
4	Tinggi Minimum	Hmin	Menjadi indikator ketebalan benda kerja minimum
5	Tinggi Maxisum	Hmax	Menjadi indikator ketebalan benda kerja maximum
6	<i>Height top dead center</i>	HTDC	Batas atas pergerakan dalam proses pengukur ketinggian.
7	<i>Height bottom dead center</i>	HBDC	Batas bawah pergerakan dalam proses pengukur ketinggian.
8	Sensor Opto 2	OPT2	Mendeteksi benda kerja ketika sampai pada proses seleksi bahan material
9	Sensor Induktif	IND	Mendeteksi bahan material dari benda kerja
10	Sensor Opto 3	OPT3	Mendeteksi benda kerja pada peluncur 2 (untuk benda kerja logam)
11	Sensor Opto 4	OPT4	Mendeteksi benda kerja pada peluncur 1 (untuk benda kerja plastik)
12	Sensor Opto 5	OPT5	Mendeteksi benda kerja pada posisi akhir proses perakitan (untuk benda kerja logam)
13	Sensor Opto 6	OPT6	Mendeteksi benda kerja pada posisi akhir proses perakitan (untuk benda kerja plastik)

Pada gambar 3.3 diperlihatkan lokasi dari setiap aktuator yang ada pada sistem *dual conveyor workcell*.



Gambar 3.3 Output sistem

Fungsi dan proses kerja dari masing-masing aktuator dijelaskan pada tabel 3.2.

Tabel 3.2 Output Sistem

No	Nama	Simbol	Fungsi
1	<i>Conveyor 1</i>	CONV1	Motor yang menggerakkan ban <i>conveyor 1</i> , agar bisa mengantar benda kerja.
2	<i>Dispenser 1</i>	DISP1	Mengeluarkan benda kerja 1 (<i>washer</i>) menuju <i>conveyor 1</i>
3	<i>Height Motor Drive</i>	HMDRV	Motor penggerak, untuk proses mengukur ketebalan benda kerja.
4	Solenoid 1 (<i>flipper 1</i>)	SOL1	Menyeleksi benda kerja yang berbahan material plastik
5	Solenoid 2 (<i>flipper 2</i>)	SOL2	Menyeleksi benda kerja yang berbahan material logam
6	<i>Dispenser 2</i>	DISP2	Mengeluarkan benda kerja 2 (<i>peg</i>) menuju <i>conveyor 1</i>

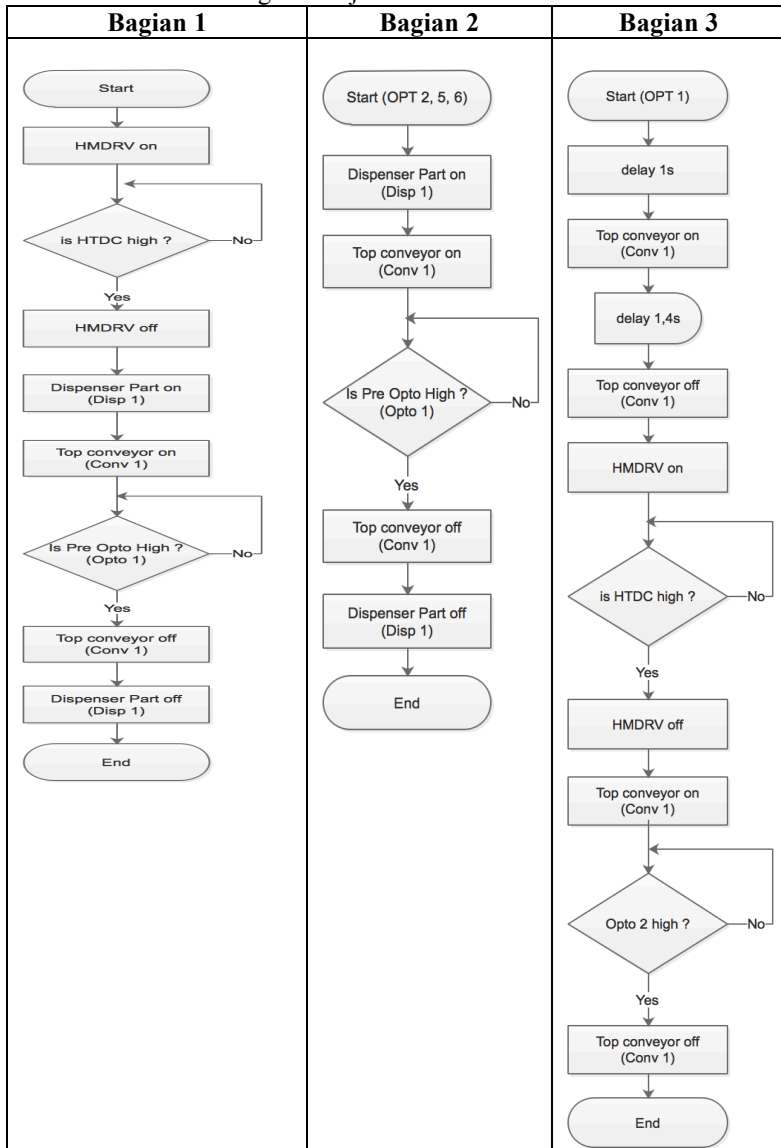
7	Conveyor 2	CONV2	Motor yang menggerakkan ban conveyor 2, agar bisa mengantar benda kerja.
8	Peluncur 1 (Chute 1)	CHUT1	Mengeluarkan benda kerja 1, yang telah diseleksi bahan materialnya (Plastik) menuju posisi siap untuk perakitan.
9	Peluncur 2 (Chute 2)	CHUT2	Mengeluarkan benda kerja 1, yang telah diseleksi bahan materialnya (Logam) menuju posisi siap untuk perakitan
10	Solenoid 3 (flipper 3)	SOL3	Menyeleksi benda kerja yang berbahan material logam dan telah dirakit dengan benda kerja 2

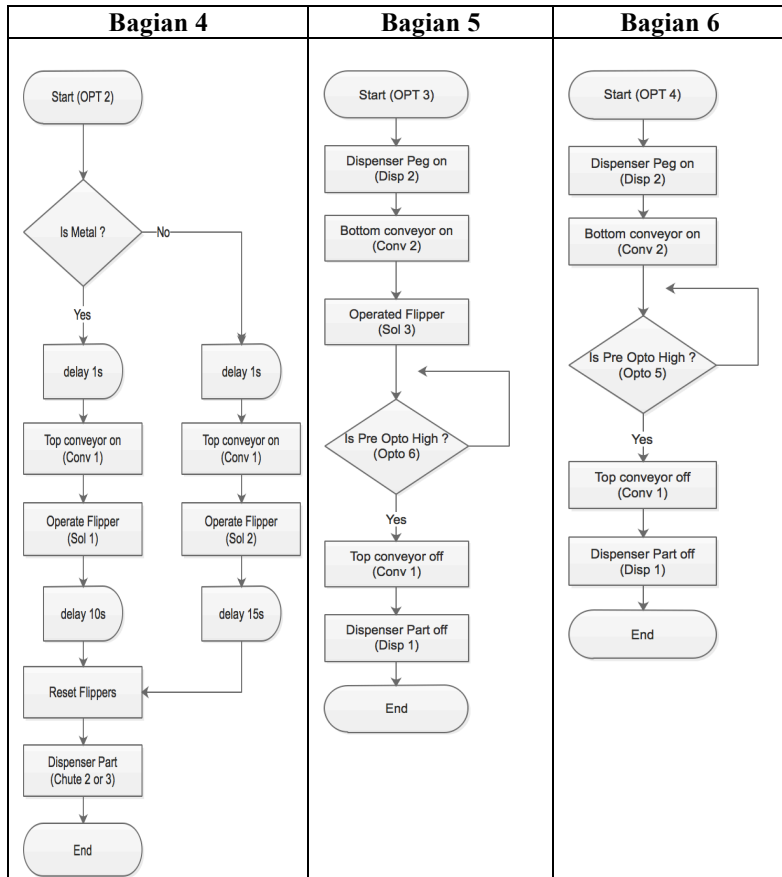
3.1.1 Langkah Kerja Sistem

Setelah semua komponen utama yang mendukung proses otomatisasi pada *plant dual conveyor workcell* dipahami, dilanjutkan menuju identifikasi aksi (*event*) yang ada dalam keseluruhan proses dari awal pengeluaran benda kerja 1 (*washer*) sampai proses sortir benda kerja yang telah dirakit dengan benda kerja 2 (*peg*).

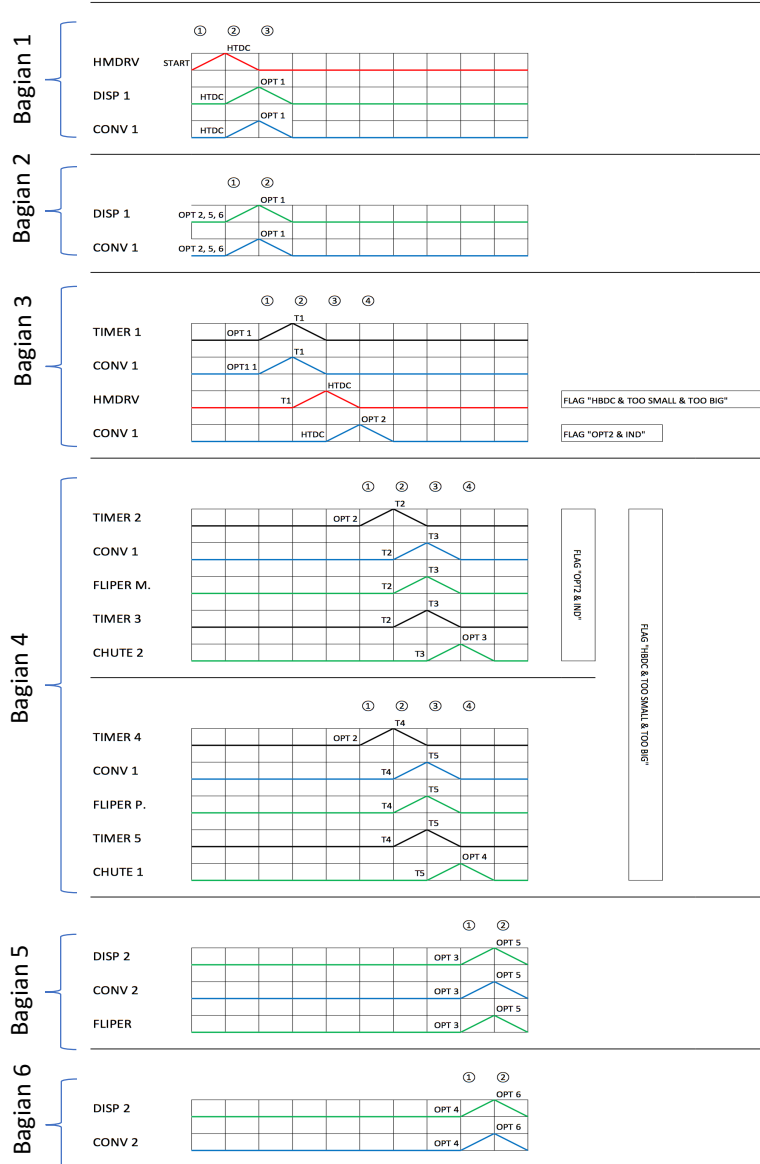
Setiap aksi pada masing-masing tahapan atau langkah proses dijelaskan dalam bentuk flowchart. Langkah yang dibuat dibagi menjadi enam bagian yang sudah sesuai dengan syarat-syarat yang ada pada setiap tahapan berdasarkan sensor dan aktuator yang terdapat dalam *dual conveyor workcell* dengan susunan *flowchart* yang terbagi seperti pada tabel 3.3 berikut ini.

Tabel 3.3 Flowchar langkah kerja sistem





Setelah membuat tiap langkah dalam bentuk flowchart, selanjutnya di ubah dalam bentuk sequent chart diagram seperti yang di tunjukkan pada gambar 3.4.



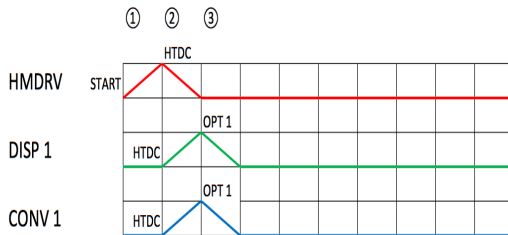
Gambar 3.4 Sequence chart Sistem

3.2 Perancangan Sistem dengan Metode Huffman

Setelah didapatkan proses sistem dalam bentuk sequence chart diagram, maka dilakukan tahap berikutnya hingga terbentuk suatu ladder diagram. Dalam perancangan sistem dengan metode Huffman ini, dibagi menjadi enam bagian sesuai dengan bagian flowchart sebelumnya. Berikut ini bagian-bagiannya :

3.2.1 Bagian 1

Bagian pertama ini, merupakan proses untuk menempatkan sensor ketinggian di posisi yang sesuai lalu menurunkan benda kerja pada conveyor, hingga conveyor berhenti saat opt 1 mendeteksi benda kerja seperti yang dijelaskan pada gambar 3.5.



Gambar 3.5 Sequence chart bagian 1

a. Primitive Flow Table

Berikut ini tabel 3.4 merupakan hasil dari primitive flow table bagian 1.

Tabel 3.4 Primitive Flow Table Bagian 1

Primitive Flow Table						
STATE	A1B1	A1B1	A1B1	H	D	C
	00	10	01			
HMDRV ON	①	2	-	1	0	0
HMDRV OFF, DISP ON, CONV ON	-	②	3	0	1	1
DISP OFF, CONV OFF	1	-	③	0	0	0

b. Penggabungan dan Penugasan State

Berikut ini tabel 3.5 merupakan hasil dari penugasan state bagian 1.

Tabel 3.5 Penugasan State Bagian 1

Merge Table					
HTDC & OPT 1				Y1	Y2
00	01	11	10		
①	-	-	2	1	0
-	3	-	②	1	1
1	③	-	-	0	1
A1	-	-	-	0	0

c. Tabel Kebenaran

Berikut ini tabel 3.6 merupakan hasil dari tabel kebenaran bagian 1.

Tabel 3.6 Tabel Kebenaran Bagian 1

Tabel Kebenaran											
	INPUT				OUTPUT						
	HTDC	OPT 1	Y1	Y2	S1	R1	S2	R2	H	D	C
①	0	0	1	0	-	0	0	-	1	0	0
②	1	0	1	1	-	0	-	0	0	1	1
③	0	1	0	1	0	-	-	0	0	0	0
1	0	0	0	1	1	0	0	1	-	0	0
A1	0	0	0	0	1	0	0	-	-	0	0
2	1	0	1	0	-	0	1	0	-	-	-
3	0	1	1	1	0	1	-	0	0	-	-

d. Penurunan fungsi eksitasi dan fungsi output serta ladder diagram

Berikut ini tabel 3.7 merupakan penurunan dan ladder diagram bagian 1.

Tabel 3.7 Tabel Penurunan dan Ladder Diagram Bagian 1

R1	S1
Hasil Kemungkinan Penyederhanaan	
$\overline{OPT\ 1}$ HTDC AND Y1 AND Y2	OPT 1 OPT 1 AND Y2 OR $\overline{Y2}$
Switching Function	
$S1 = \overline{OPT} \cdot START$ $R1 = OPT\ 1$ Sehingga $Y1 = (S1 + Y1) \cdot \overline{R1}$ $Y1 = (\overline{OPT} \cdot START + Y1) \cdot \overline{OPT}$	
Hasil Ladder Diagram	

R2	S2
Hasil Kemungkinan Penyederhanaan	
OPT 1 AND $\overline{Y1}$ OPT 1 AND Y2	\overline{HTDC}

Switching Function
$S2 = HTDC$ $R2 = \overline{OPT\ 1} \text{ AND } \overline{Y1}$ $Y2 = (S2 + Y2) . \overline{R2}$ $Y2 = (HTDC + Y1) . \overline{OPT\ 1} \text{ AND } \overline{Y1}$ $Y2 = (HTDC + Y1) . OPT\ 1 + Y1$
Hasil Ladder Diagram

CONV 1 dan DISP 1	HMDRV

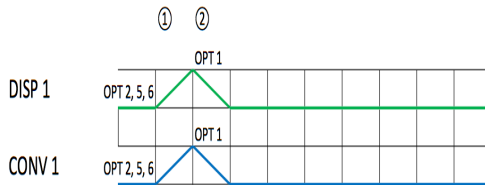
Hasil Kemungkinan Penyederhanaan	
HTDC Y1 AND Y2	HTDC AND OPT 1 $\overline{Y2}$

Switching Function
$HMDRV = \overline{Y2} . START$ $CONV\ 1 = Y1 \text{ AND } Y2$ $DISP\ 1 = Y1 \text{ AND } Y2$

Hasil Ladder Diagram

3.2.2 Bagian 2

Bagian kedua ini, merupakan proses untuk menurunkan benda kerja ke conveyor ketika proses seleksi selesai atau akan turun ketika opto 2 atau 5 atau 6 mendeteksi benda kerja seperti yang dijelaskan pada gambar 3.6.



Gambar 3.6 Sequence chart bagian 2

a. Primitive Flow Table

Berikut ini tabel 3.8 merupakan hasil dari primitive flow table bagian 2.

Tabel 3.8 Primitive Flow Table Bagian 1

Primitive Flow Table				
STATE	A1	A2	D	C
	0	1		
DISP 1 ON, CONV 1 ON	①	2	1	1
DISP 1 OFF, CONV 1 OFF	1	②	0	0

b. Penggabungan dan Penugasan State

Berikut ini tabel 3.9 merupakan hasil dari penugasan state bagian 2.

Tabel 3.9 Penugasan State Bagian 2

Merge Table		
OPT 1		Y1
0	1	
①	2	1
1	②	0

c. Tabel Kebenaran

Berikut ini tabel 3.10 merupakan hasil dari tabel kebenaran bagian 2.

Tabel 3.10 Tabel Kebenaran Bagian 1

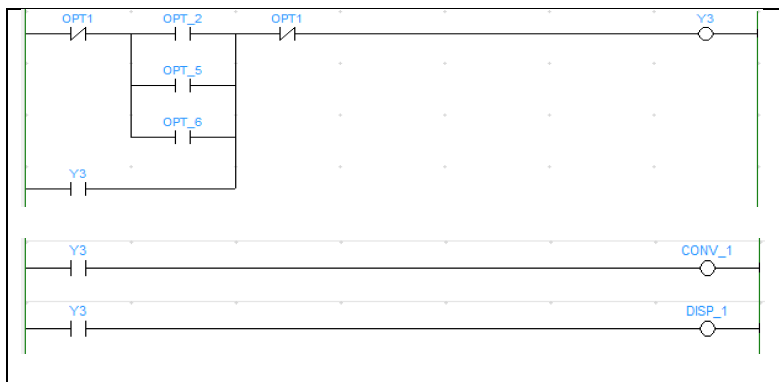
Tabel Kebenaran						
	INPUT		OUTPUT			
	OPT 1	Y1	S1	R1	D	C
①	0	1	-	0	1	1
②	1	0	0	-	0	0
1	0	0	1	0	-	-
2	1	1	0	1	-	-

d. Penurunan fungsi eksitasi dan fungsi output serta ladder diagram

Berikut ini tabel 3.11 merupakan penurunan dan ladder diagram bagian 2.

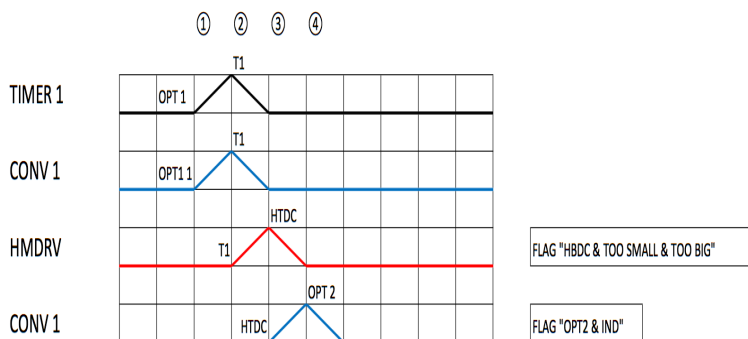
Tabel 3.11 Tabel Penurunan dan Ladder Diagram Bagian 2

CONV 1 dan DISP 1	R1	S1
 OPT ₁	 OPT ₁	 OPT ₁
Hasil Kemungkinan Penyederhanaan		
$\overline{OPT\ 1}$ Y1	OPT 1	$\overline{OPT\ 1}$
Switching Function		
CONV 1 = Y1 DISP 1 = Y1	$S1 = \overline{OPT\ 1} \cdot OPT\ 2,5,6$ $R1 = OPT\ 1$ $Y1 = (S1 + Y1) \cdot \overline{R1}$ $Y1 = (\overline{OPT\ 1} \cdot OPT\ 2,5,6 + Y1) \cdot \overline{OPT\ 1}$	
Hasil Ladder Diagram		



3.2.3 Bagian 3

Merupakan bagian untuk memeriksa ketinggian dan bahan dari benda kerja seperti yang dijelaskan pada gambar 3.7.



Gambar 3.7 Squence chart bagian 3

a. Primitive Flow Table

Berikut ini tabel 3.12 merupakan hasil dari primitive flow table bagian 3.

Tabel 3.12 Primitive Flow Table Bagian 3

Primitive Flow Table										
STATE	A1B1C1D1	A1B1C1D1	A1B1C1D1	A1B1C1D1	A1B1C1D1	T1	T2	C1	H	C1
	0000	1000	0100	0010	0001					
TIM 1 ON	①	2	-	-	-	1	0	0	0	0
TIM 1 OFF, TIM 2 ON, CNV 1 ON	-	②	3	-	-	0	1	1	0	0
TIM 2 OFF, CNV 1 OFF, HMDRV ON	-	-	③	4	-	0	0	0	1	0
HMDV OFF, CNV 1 ON	-	-	-	④	5	0	0	0	0	1
CNV 1 OFF	1	-	-	-	⑤	0	0	0	0	0

b. Penggabungan dan Penugasan State

Berikut ini tabel 3.13 merupakan hasil dari penugasan state bagian 3.

Tabel 3.13 Penugasan State Bagian 3

Merge Table							
T1, T2, HTDC, OPT 2					Y1	Y2	Y3
0000	1000	0100	0010	0001			
①	2	-	-	-	1	0	0
-	②	3	-	-	1	0	1
-	-	③	4	-	1	1	1
-	-	-	④	5	0	1	1
1	-	-	-	⑤	0	1	0
A1	-	-	-	-	0	0	0

c. Tabel Kebenaran

Berikut ini tabel 3.14 merupakan hasil dari tabel kebenaran bagian 3.

Tabel 3.14 Tabel Kebenaran Bagian 3

Tabel Kebenaran															
	INPUT							OUTPUT							
	T1	T2	HTDC	OPT 2	Y1	Y2	Y3	S1	R1	S2	R2	S3	R3	T11	T22
①	0	0	0	0	1	0	0	-	0	0	-	0	-	1	0
②	1	0	0	0	1	0	1	-	0	0	-	-	0	0	1
③	0	1	0	0	1	1	1	-	0	-	0	-	0	0	0
④	0	0	1	0	0	1	1	0	-	-	0	-	0	0	0
⑤	0	0	0	1	0	1	0	0	-	-	0	0	-	0	0
1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	-	-	0
A1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	-	0	-	-	0
2	1	0	0	0	1	0	0	-	0	0	-	1	0	-	-
3	0	1	0	0	1	0	1	-	0	1	0	-	0	0	-
4	0	0	1	0	1	1	1	0	1	-	0	-	0	0	0
5	0	0	0	1	0	1	1	0	-	-	0	0	1	0	0

d. Penurunan fungsi eksitasi dan fungsi output serta ladder diagram

Berikut ini tabel 3.15 merupakan penurunan dan ladder diagram bagian 3.

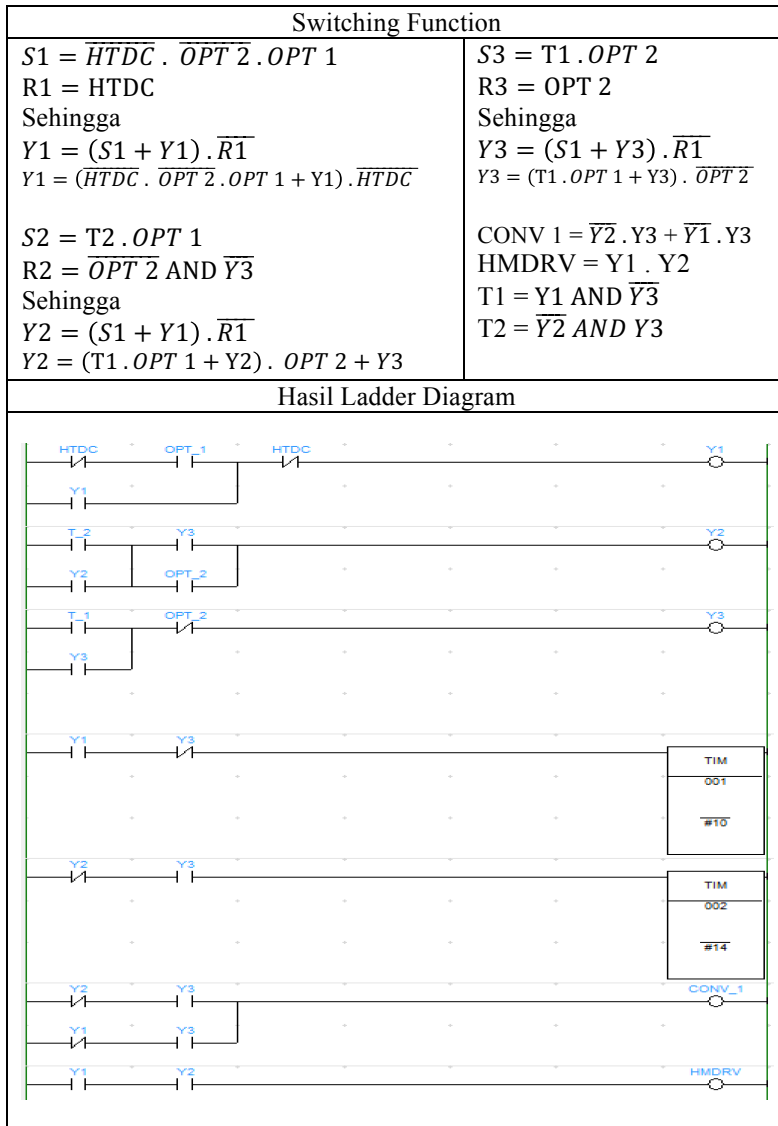
Tabel 3.15 Tabel Penurunan dan Ladder Diagram Bagian 3

CONV 1 (1)	CONV 1 (2)	HMDRV
Hasil Kemungkinan Penyederhanaan		
T2 $\overline{Y2}$ AND Y3	HTDC $\overline{Y1}$ AND Y3	T2 Y1 AND Y2

T1	T2
Hasil Kemungkinan Penyederhanaan	
OPT 2 AND Y3 Y1 AND $\overline{Y3}$ T1 AND T2 AND HTDC AND OPT 2	T1 $\overline{Y2}$ AND Y3

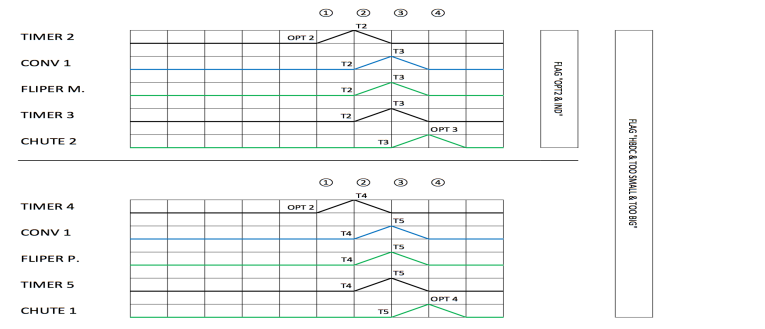
S1	S2	S3
<p>T_1 HTDC T_2 OPT₂</p>	<p>T_1 HTDC T_2 OPT₂</p>	<p>T_1 HTDC T_2 OPT₂</p>
Hasil Kemungkinan Penyederhanaan		
OPT 1 AND \bar{Y}_3 HTDC AND OPT 2	T2 \bar{Y}_2 AND Y_3	T1

R1	R2	R3
<p>T_1 HTDC T_2 OPT₂</p>	<p>T_1 HTDC T_2 OPT₂</p>	<p>T_1 HTDC T_2 OPT₂</p>
Hasil Kemungkinan Penyederhanaan		
HTDC \bar{T}_1 AND \bar{T}_2 AND Y_3 \bar{T}_2 AND Y_1 AND Y_2	OPT 2 AND \bar{Y}_3 \bar{T}_2 AND HTDC AND OPT 2	OPT 2 HTDC AND \bar{Y}_1 \bar{T}_1 AND \bar{T}_2 AND HTDC



3.2.5 Bagian 4

Pemisahan benda kerja berdasarkan bahan yang digunakan seperti yang dijelaskan pada gambar 3.8.



Gambar 3.8 Squence chart bagian 4

a. Primitive Flow Table

Berikut ini tabel 3.16 merupakan hasil dari primitive flow table bagian 4.

Tabel 3.16 Primitive Flow Table Bagian 4

Primitive Flow Table									
STATE	A1B1C1	A1B1C1	A1B1C1	A1B1C1	T3	C1	FL M	T4	CH
	000	100	010	001					
T3 ON	①	2	-	-	1	0	0	0	0
T3 OFF, C1 ON, FL M ON, T4 ON	-	②	3	-	0	1	1	1	0
C1 OFF, FP N OFF, T4 OFF, CH ON	-	-	③	4	0	0	0	0	1
CH OFF	1	-	-	④	0	0	0	0	0

b. Penggabungan dan Penugasan State

Berikut ini tabel 3.17 merupakan hasil dari penugasan state bagian 4.

Tabel 3.17 Penugasan State Bagian 4

Merge Table					
T2, T3, OPT 3				Y1	Y2
000	100	010	001		
①	2	-	-	1	0
-	②	3	-	1	1
-	-	③	4	0	1
1	-	-	④	0	0

c. Tabel Kebenaran

Berikut ini tabel 3.18 merupakan hasil dari tabel kebenaran bagian 4.

Tabel 3.18 Tabel Kebenaran Bagian 4

Tabel Kebenaran														
	INPUT					OUTPUT								
	T3	T4	OPT 3	Y1	Y2	S1	R1	S2	R2	T33	C1	FL M	T44	CH 1
①	0	0	0	1	0	-	0	0	-	1	0	0	0	0
②	1	0	0	1	1	-	0	-	0	0	1	1	1	0
③	0	1	0	0	1	0	-	-	0	0	0	0	0	1
④	0	0	1	0	0	0	-	0	-	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	1	0	0	-	-	0	0	0	0
2	1	0	0	1	0	-	0	1	0	-	-	-	-	0
3	0	1	0	1	1	0	1	-	0	0	-	-	-	-
4	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	-

d. Penurunan fungsi eksitasi dan fungsi output serta ladder diagram

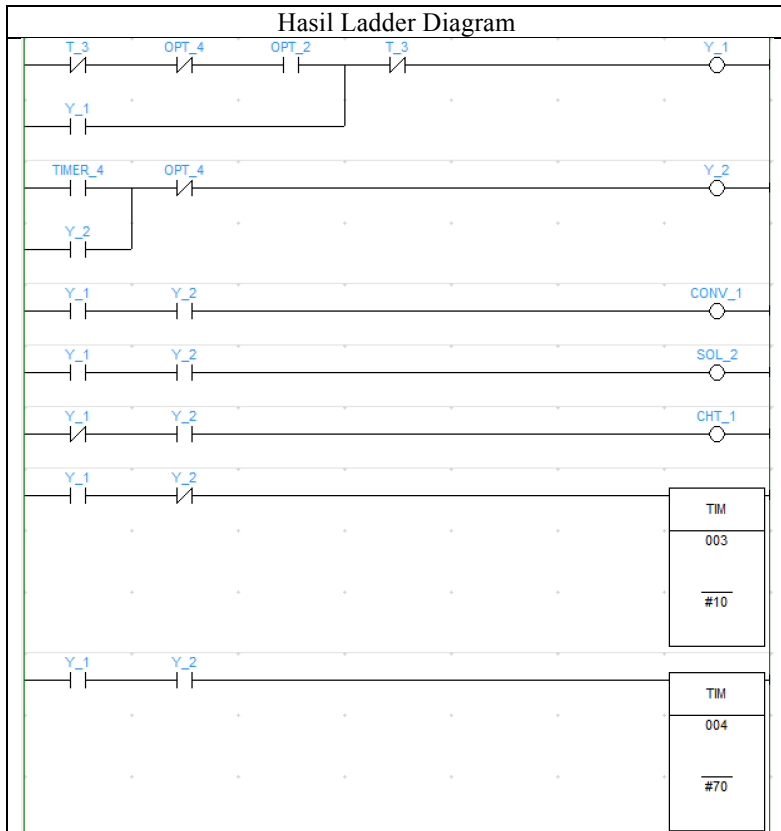
Berikut ini tabel 3.19 merupakan penurunan dan ladder diagram bagian 4.

Tabel 3.19 Tabel Penurunan dan Ladder Diagram Bagian 4

CONV 1, FLP dan T4	CHUT	T3
Hasil Kemungkinan Penyederhanaan		
T3 Y1 AND Y2	T4 $\overline{Y1}$ AND Y2 T3 AND Y2	OPT 3 AND Y2 T3 AND T4 AND OPT 3 Y1 AND Y2
Switching Function		
CONV 1 = Y1 AND Y2 FLP = Y1 AND Y2 T4 = Y1 AND Y2	CHUT = $\overline{Y1}$ AND Y2 T3 = Y1 AND $\overline{Y2}$	

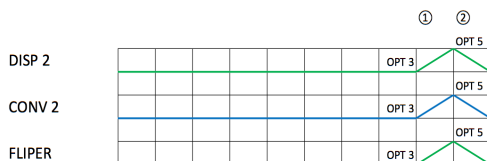
S1	R1
Hasil Kemungkinan Penyederhanaan	
$\overline{OPT\ 3\ AND\ Y2}$ $\overline{T3\ AND\ OPT\ 3}$	$T4$ $\overline{T3\ AND\ Y1\ AND\ Y2}$
Switching Function	
$S1 = \overline{T3} . \overline{OPT\ 3} . OPT\ 2$ $R1 = T4$ Sehingga $Y1 = (S1 + Y1) . \overline{R1}$ $Y1 = (\overline{T3} . \overline{OPT\ 3} . OPT\ 2 + Y1) . \overline{T4}$	

S2	R2
Hasil Kemungkinan Penyederhanaan	
$T3$	$OPT\ 3/4$ $\overline{T3\ AND\ T4}$
Switching Function	
$S2 = T3 . OPT\ 2$ $R2 = OPT\ 3/4$ Sehingga $Y2 = (S1 + Y2) . \overline{R1}$ $Y2 = (\overline{T3} . \overline{OPT\ 3} . OPT\ 2 + Y2) . \overline{OPT\ 3/4}$	



3.2.6 Bagian 5

Penggabungan benda kerja dan peg seperti yang dijelaskan pada gambar 3.9.



Gambar 3.9 Squence chart bagian 5

a. Primitive Flow Table

Berikut ini tabel 3.20 merupakan hasil dari primitive flow table bagian 5.

Tabel 3.20 Primitive Flow Table Bagian 5

Primitive Flow Table					
STATE	A1	A2	D	C	F
	0	1			
DISP 2 ON, CONV 2 ON, FLP ON	①	2	1	1	1
DISP 2 OFF, CONV 2 OFF, FLP OFF	1	②	0	0	0

b. Penggabungan dan Penugasan State

Berikut ini tabel 3.21 merupakan hasil dari penugasan state bagian 5.

Tabel 3.21 Penugasan State Bagian 5

Merge Table		
OPT 5		Y1
0	1	
①	2	1
1	②	0

c. Tabel Kebenaran

Berikut ini tabel 3.22 merupakan hasil dari tabel kebenaran bagian 5.

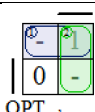
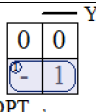
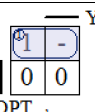
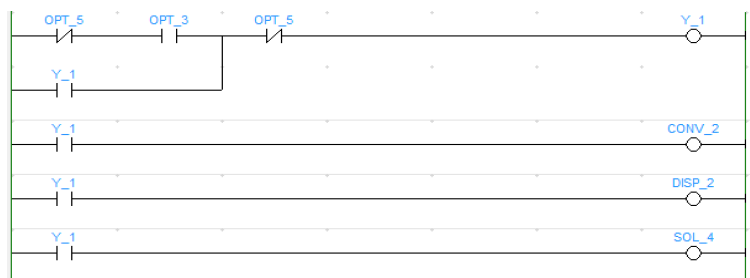
Tabel 3.22 Tabel Kebenaran Bagian 5

Tabel Kebenaran							
	INPUT		OUTPUT				
	OPT 5	Y1	S1	R1	D	C	F
①	0	1	-	0	1	1	1
②	1	0	0	-	0	0	0
1	0	0	1	0	-	-	-
2	1	1	0	1	-	-	-

d. Penurunan fungsi eksitasi dan fungsi output serta ladder diagram

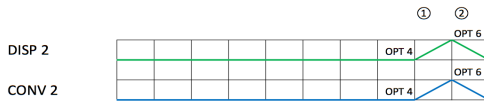
Berikut ini tabel 3.23 merupakan penurunan dan ladder diagram bagian 5.

Tabel 3.23 Tabel Penurunan dan Ladder Diagram Bagian 5

CONV 2, DISP 2 dan FLP	R1	S1
		
Hasil Kemungkinan Penyederhanaan		
OPT 5 Y1	OPT 5	OPT 5
Switching Function		
CONV 1 = Y1 DISP 1 = Y1 FLP = Y1	$S1 = \overline{OPT\ 5} \cdot OPT\ 3$ $R1 = OPT\ 1$ <p>Sehingga</p> $Y1 = (S1 + Y1) \cdot \overline{R1}$ $Y1 = (\overline{OPT\ 5} \cdot OPT\ 3 + Y1) \cdot \overline{OPT}$	
Hasil Ladder Diagram		
		

3.2.7 Bagian 6

Penggabungan benda kerja dan peg seperti yang dijelaskan pada gambar 3.10.



Gambar 3.10 Flowchart dan Squence chart bagian 6

a. Primitive Flow Table

Berikut ini tabel 3.24 merupakan hasil dari primitive flow table bagian 6.

Tabel 3.24 Primitive Flow Table Bagian 6

Primitive Flow Table				
STATE	A1	A2	D	C
	0	1		
DISP 2 ON, CONV 2 ON	①	2	1	1
DISP 2 OFF, CONV 2 OFF	1	②	0	0

b. Penggabungan dan Penugasan State

Berikut ini tabel 3.25 merupakan hasil dari penugasan state bagian 6.

Tabel 3.25 Penugasan State Bagian 6

Merge Table		
OPT 6		Y1
0	1	
①	2	1
1	②	0

c. Tabel Kebenaran

Berikut ini tabel 3.26 merupakan hasil dari tabel kebenaran bagian 6.

Tabel 3.26 Tabel Kebenaran Bagian 6

Tabel Kebenaran						
	INPUT		OUTPUT			
	OPT 5	Y1	S1	R1	D	C
①	0	1	-	0	1	1
②	1	0	0	-	0	0
1	0	0	1	0	-	-
2	1	1	0	1	-	-

d. Penurunan fungsi eksitasi dan fungsi output serta ladder diagram

Berikut ini tabel 3.27 merupakan penurunan dan ladder diagram bagian 6.

Tabel 3.27 Tabel Penurunan dan Ladder Diagram Bagian 6.

CONV 2 dan DISP 2	R1	S1
OPT ₁	OPT ₁	OPT ₁
Hasil Kemungkinan Penyederhanaan		
OPT 5 Y1	OPT 5	OPT 5
Switching Function		
CONV 1 = Y1 DISP 1 = Y1 FLP = Y1	$S1 = \overline{OPT\ 5} \cdot OPT\ 3$ $R1 = OPT\ 1$ Sehingga $Y1 = (S1 + Y1) \cdot \overline{R1}$ $Y1 = (\overline{OPT\ 5} \cdot OPT\ 3 + Y1) \cdot \overline{OPT}$	
Hasil Ladder Diagram		

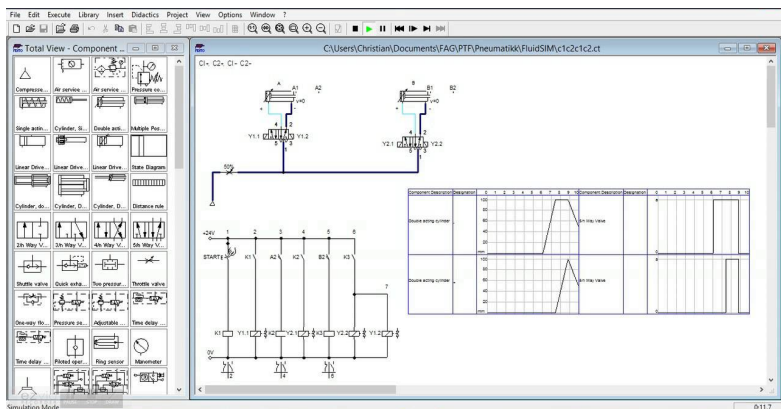
BAB 4

SIMULASI, IMPLEMENTASI DAN ANALISA

Hasil ladder diagram yang telah didapatkan perlu diuji terlebih dahulu dengan simulasi guna mencegah kesalahan fatal akibat hasil program dari ladder diagram yang telah dibuat.

4.1 Simulasi

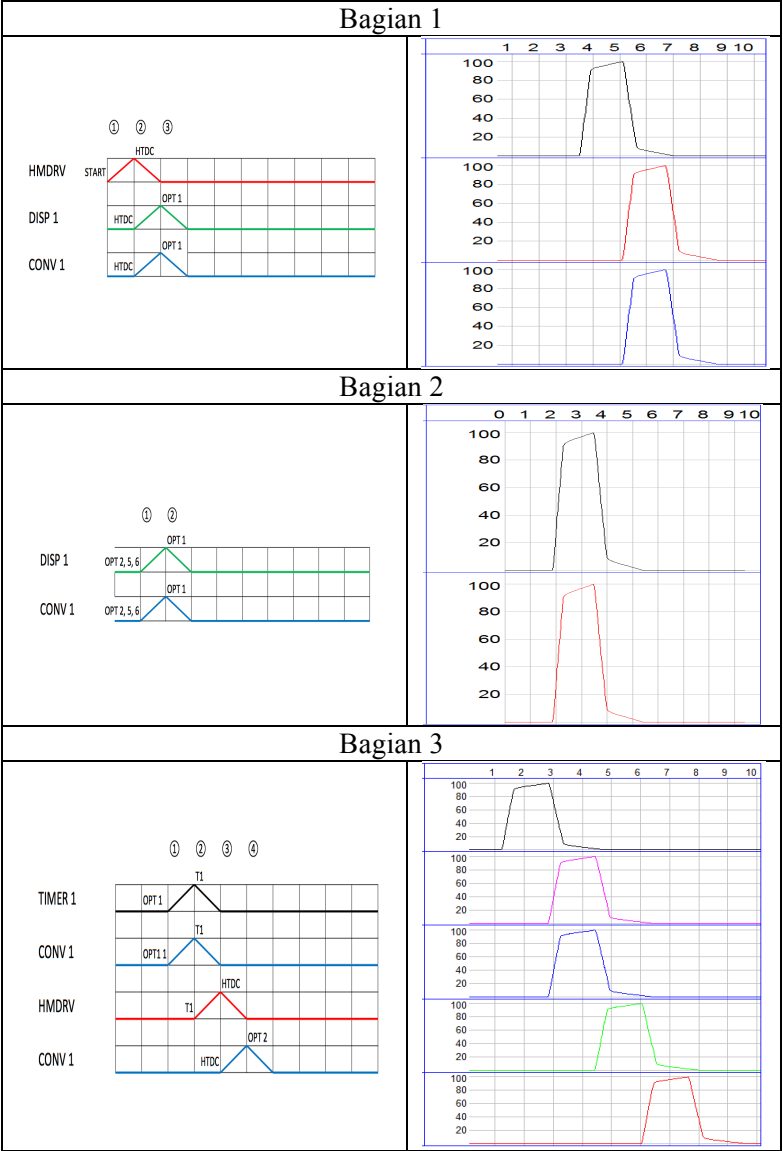
Simulasi dilakukan menggunakan bantu perangkat lunak fluidsims seperti gambar 4.1 untuk melihat squence chart dari ladder diagram yang dibuat sesuai dengan squence chart yang seharusnya terjadi. Apabila squence chart memiliki bentuk yang sama, maka dapat dikatakan ladder diagram tersebut sudah sesuai dengan yang di inginkan. Dengan demikian dapat dilakukan proses implementasi terhadap *plant dual conveyor*.

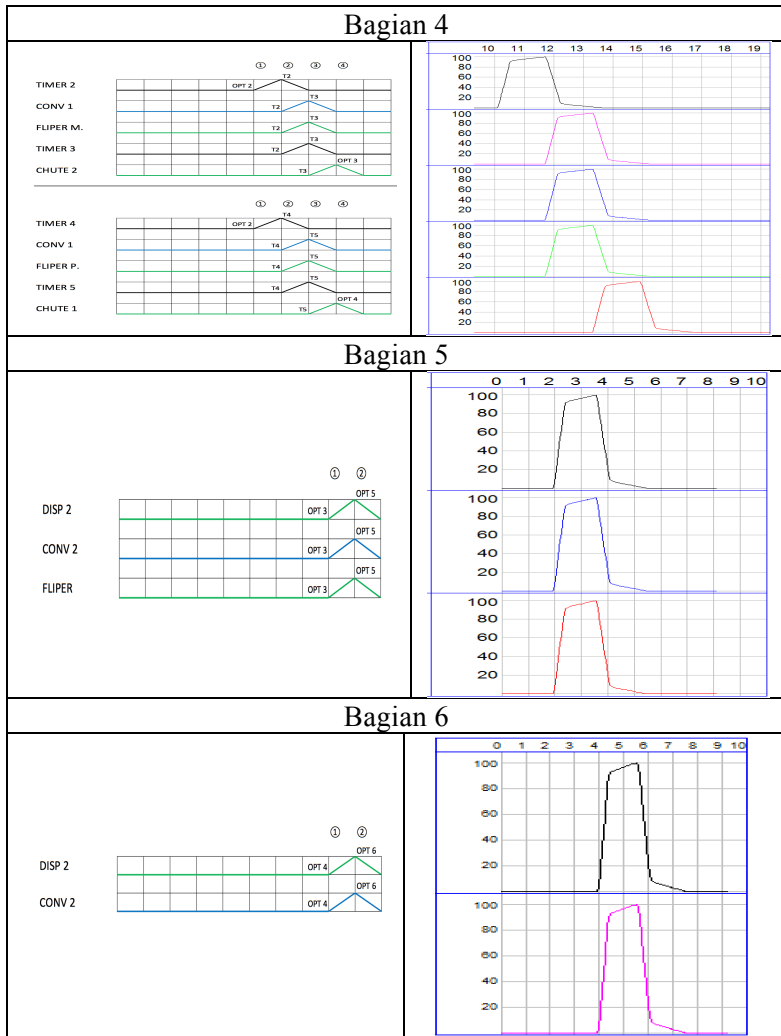


Gambar 4.1 Fluidsims

Berikut ini tabel 4.1 merupakan hasil dari simulasi yang dilakukan dari setiap pembagian.

Tabel 4.1 Simulasi Sistem





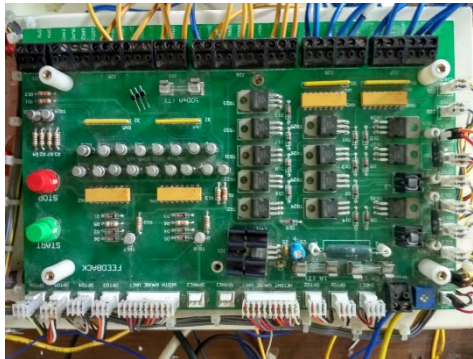
Hasil dari simulasi memiliki bentuk diagram yang sama dengan squence chart proses kerja *dual conveyor*. Dengan demikian dapat dikatakan perancangan ladder telah susai. Maka dari itu, dapat dilakukan implementasi pada real *plant dual conveyor*.

4.2 Implementasi

Terdapat 2 komponen utama yang menjadi faktor keberhasilan dari implementasi. Adanya kontroler, *power supply*. Kontroler digunakan untuk mengendalikan plant dan *power supply* digunakan untuk sumber tenaga listrik bagi kontrolir dan *plant dual conveyor*. Keseluruhan komponen tersebut saling dihubungkan dengan kabel agar sistem dapat terintegrasi.

4.2.1 Pengkabelan

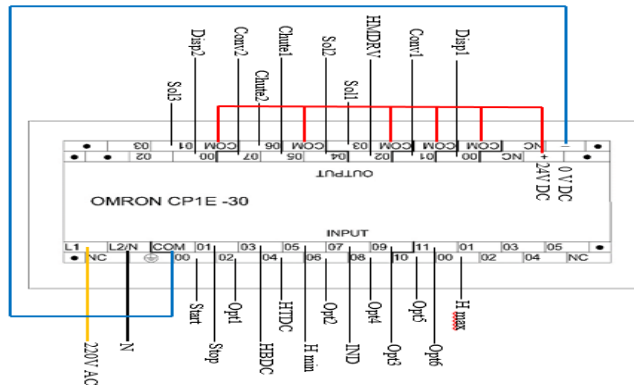
Untuk menghubungkan kontroler dengan *palnt dual conveyor* memerlukan suatu koneksi seperti pada gambar 4.2 dan 4.3 agar keduanya dapat berkomunikasi. Untuk koneksi ini telah tersedia PCB *interface* yang memudahkan pengkabelan antara PLC dengan *plant*. Di dalamnya terdapat terminal soket khusus untuk pemasangan kabel dari *input* dan *output* PLC agar terhubung dengan sensor dan aktuator yang terdapat pada *plant dual conveyor*.



Gambar 4.2 Interface PCB

Pada pemasangan kabel pada PLC harus menyesuaikan dengan pengalaman yang telah ditentukan yang dijelaskan pada bab 3. Tandai setiap kabel sesuai dengan alamat yang akan dihubungkan, hal ini dimaksudkan untuk mencegah terjadinya pemasangan kabel pada alamat yang salah. Pada PLC terdapat *port* terminal dengan alamat khusus yaitu COM, pengkabelan pada COM menggunakan teknik *sourcing*

Berikut merupakan skema pengkabelan Interface PCB dengan PLC.



Gambar 4.3 Pengkabelan pada PLC

Pastikan seluruh kabel terpasang dengan benar, bisa menggunakan Avo meter untuk tes koneksi dari PLC menuju antarmuka PCB, kemudian tes koneksi dari antarmuka menuju sensor atau aktuatur jika diperlukan. Proses tes ini bisa dilakukan juga untuk menyelesaikan masalah jika terjadi tidak sesuaian antara program yang sedang berjalan pada *ladder* diagram di PLC dengan kondisi aktual pada *plant dua conveyor*.

Dengan demikian, didapatkan alamat memori yang digunakan oleh aktuatur dan sensor dari dual conveyor workcell seperti tabel 4.2 berikut ini.

Tabel 4.2 Alamat memori dual conveyor workcell pada PLC

No	Input		Output	
	Nama	Alamat	Nama	Alamat
1	Start	00.0	DISP 1	100.00
2	Stop	00.1	CONV 1	100.01
3	OPT 1	00.2	HMDRV	100.02
4	HBDC	00.3	SOL 2	100.03
5	HTDC	00.4	SOL 3	100.04
6	H-min	00.5	Chute 1	100.05
7	OPT 2	00.6	Chute 2	100.06

8	IND	00.7	CONV 2	100.7
9	OPT 3	00.8	DISP 2	101.00
10	OPT 4	00.9	SOL 4	101.01
11	OPT 5	00.10		
12	OPT 6	00.11		
13	H-max	00.12		

Alamat ini yang digunakan dalam pengalamatan selama pemrograman ladder diagram.

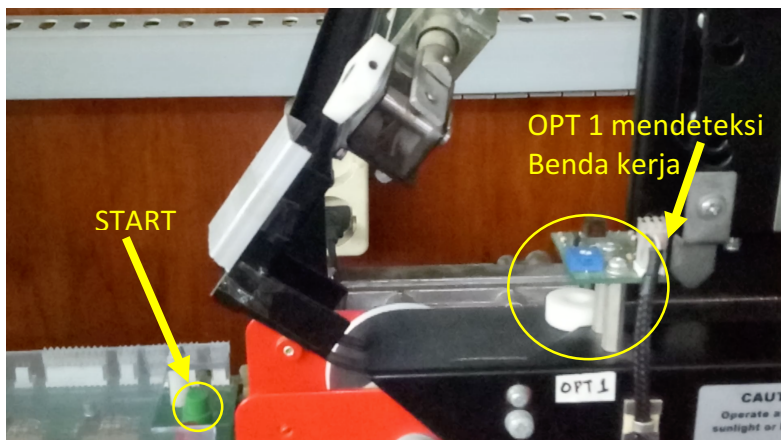
4.2.2 Pengujian Sistem

Setelah proses pengkabelan selesai, langkah berikutnya adalah pengunduhan program dari PC/ laptop menuju PLC. Apabila tidak terjadi peringatan 'error', maka proses pengunduhan berhasil dilakukan. Selanjutnya jalankan dual conveyor untuk memastikan sistem berjalan sesuai dengan yang di program.

Untuk tiap pengujian dilakukan pada tiap bagian yang telah di tentukan pada pembahasan sebelumnya:

a. Bagian 1

Bagian satu akan bekerja ketika tombol START ditekan dan akan berhenti ketika OPT 1 mendeteksi benda kerja seperti gambar 4.4 dibawah ini.



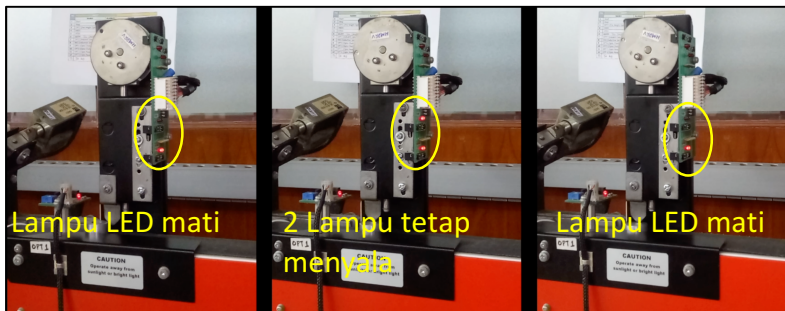
Gambar 4.4 Hasil pengujian bagian 1.

b. Bagian 2

Bagian dua sama dengan bagian satu, namun bekerja ketika benda kerja menyentuh OPT 2 apabila reject, OPT 6 apabila penggabungan benda kerja metal berhasil, dan OPT 5 apabila penggabungan benda kerja plastik berhasil.

c. Bagian 3

Bagian tiga merupakan proses untuk menyeleksi benda kerja sesuai ukuran 8 mm, apabila kurang atau lebih, maka akan di reject. Berikut ini gambar 4.5 proses dalam penyelesaian ukuran benda kerja.



Gambar 4.5 Hasil pengujian bagian 3

Ketika dua lampu LED H-max dan H-min tetap menyala, maka benda kerja tersebut sudah sesuai ukurannya, tetapi apabila salah satu lampu mati, maka benda kerja tersebut tidak memiliki ukuran yang seharusnya sehingga tidak akan diproses lebih lanjut, atau dibuang menuju reject box.

d. Bagian 4

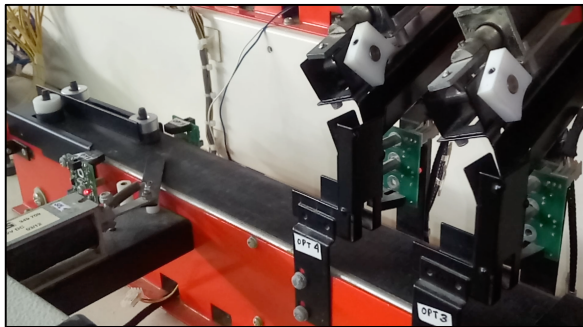
Bagian empat merupakan proses ketika memisahkan benda kerja plastik dan benda kerja metal seperti yang di tunjukan pada gambar 4.6



Gambar 4.6 Hasil pengujian bagian 4

e. Bagian 5

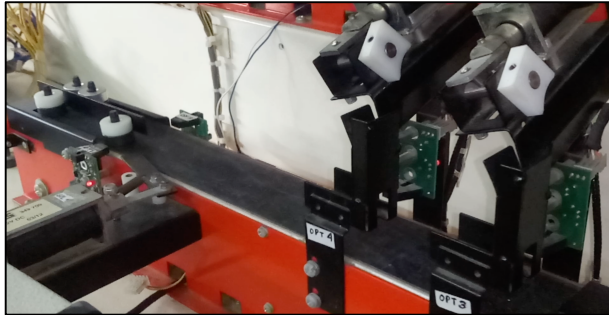
Bagian lima merupakan penggabungan antara benda kerja peg dan benda kerja metal, pada bagian akhir flipper akan memisahkan hasil penggabungan pada bagian kanan atau OPT 6 seperti gambar 4.7 berikut ini.



Gambar 4.7 Hasil pengujian bagian 5

f. Bagian 6

Bagian 6 merupakan penggabungan antara benda kerja peg dan benda kerja plastik, pada bagian akhir flipper tidak akan bergerak sehingga hasil penggabungan berakhir pada kiri atau OPT 5 seperti gambar 4.8 berikut ini



Gambar 4.8 Hasil pengujian bagian 6

Dengan demikian seluruh pengujian sistem telah dilakukan dan dapat bekerja dengan semestinya.

4.3 Analisa Sistem

Untuk dapat menjalankan seluruh sistem dengan menggunakan metode Huffman ini, apabila tidak dibagi menjadi beberapa bagian seperti dalam pengerjaan ini, maka akan sulit untuk diterapkan karena pada sistem ini memiliki alur pengkondisian yang harus menyeleksi ukuran benda kerja hingga pemisahan jenis bahan benda kerja. Sehingga dapat dikatakan merupakan suatu sistem yang kompleks.

Selain itu, apabila state yang dimiliki sangat banyak akan mempersulit dalam proses penyederhanaan untuk mendapatkan ladder diagram dengan hasil relay yang sangat sedikit.

Namun, meski sistem dibagi menjadi beberapa bagian, metode ini mampu menghasilkan penggunaan relay yang sedikit dari satu hingga paling banyak tiga relay yang digunakan untuk setiap bagian. Dengan hasil pada tabel 4.3 berikut ini.

Tabel 4.3 Penggunaan Relay

Bagian 1	2 Relay
Bagian 2	1 Relay
Bagian 3	3 Relay
Bagian 4	2 Relay
Bagian 5	1 Relay
Bagian 6	1 Relay

Sehingga total relay yang didapatkan adalah 10 Relay. Jumlah relay ini masih dapat di perkecil apabila pembagian yang dilakukan lebih sedikit.

Selain itu, untuk menyesuaikan dengan keinginan seperti sistem dapat berhenti dimana saja ketika ditekan tombol stop, maka diperlukan sedikit modifikasi dari hasil ladder yang telah didapatkan, karena hasil ladder diagram dari metode Huffman akan berhenti ketika seluruh state telah dilakukan.

BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Proses pembuatan konstruksi *ladder* diagram dengan menggunakan metode *Huffman* untuk kontrol proses otomasi pada *dua conveyor* menghasilkan kesimpulan :

1. Untuk sistem yang sangat kompleks seperti sistem dual conveyor ini, metode Huffman kurang tepat untuk digunakan. Namun dapat diatasi dengan membagi sistem hingga sedikit mungkin.
2. Dengan Metode Huffman untuk Dual Conveyor Workcell Systems menghasilkan diagram ladder dengan total 10 relay yang digunakan dan masih dapat diperkecil apabila pembagiannya lebih sedikit.
3. Metode Huffman terbukti dapat meminimalkan penggunaan relay sehingga program yang dibuat menjadi lebih singkat jika dibandingkan dengan metode lain.
4. Hasil program *ladder* yang didapatkan terbilang kecil yaitu memiliki besaran total data 12 KB. 6 Kb untuk .opt, 3 Kb untuk .bak dan 3 KB untuk .exp.

5.2 Saran

1. Penggunaan sumber daya, lebih baik sesuai dengan kebutuhan *plant*. Apabila daya kurang atau lebih maka akan berakibat pada kinerja *plant* tersebut.
2. Apabila sistem sangat kompleks, maka disarankan dibagi per empat state agar mempermudah dalam menemukan hasil yang optimal.
3. Lebih baik jika penandaan alamat untuk pengkabelan PLC menggunakan *tubbing* yang standar industri.
4. Tambahkan tampilan HMI untuk melihat proses yang terjadi pada *plant* menjadi lebih menarik dan mudah dipahami.

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

DAFTAR PUSTAKA

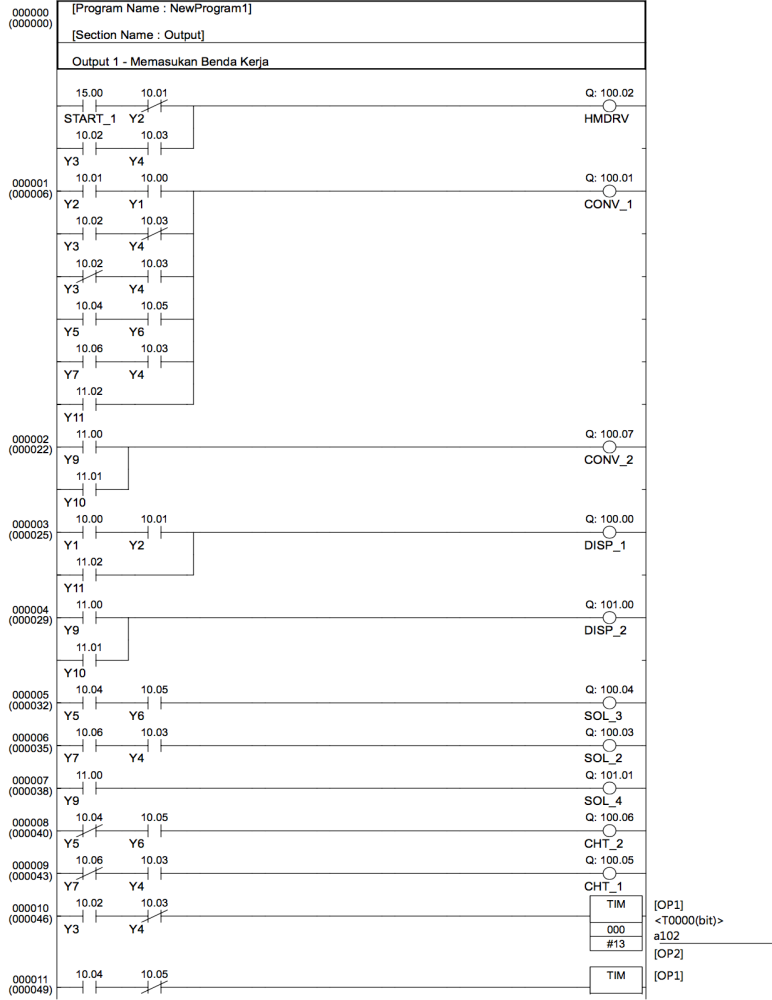
- [1] Anonim., *"Single Conveyor & Workcell Systems 34-001 to 34-004"*. Crowborough England: FI Ltd
- [2] Anonim., "Linier Selenoid Actuator" <URL: http://www.electronics-tutorials.ws/io/io_6.html>, Mei, 2017
- [3] Anonim., "What is a Photoelectric Sensor" <URL: <http://www.keyence.com/ss/products/sensor/sensorbasics/photoelectric/info/>>, Mei, 2017
- [4] Menke, Henry., "Basic Operating Principle of an Inductive Proximity Sensor" <URL: <https://sensortech.wordpress.com/2014/03/05/basic-operating-principle-of-an-inductive-proximity-sensor/>>, Mei, 2017
- [5] Anonim., *SYSMAC CPM/CP1E Introduction Manual.*, Omron
- [6] D, Persen., *"Industrial Automation : Circuit Design and Components"*, Israel: John Wiley & Sons. 1989.
- [7] Wicaksono, Handy., "Programmable Logic Controller, Teori, Pemrograman dan Aplikasi dalam Otomasi Sistem", Graha Ilmu, Yogyakarta, 2009.
- [8] D, Pessen., "THE SYNTHESIS OF SEQUENTIAL SWITCHING CIRCUIT", Research Laboratory of Electronics, Cambridge. 1954

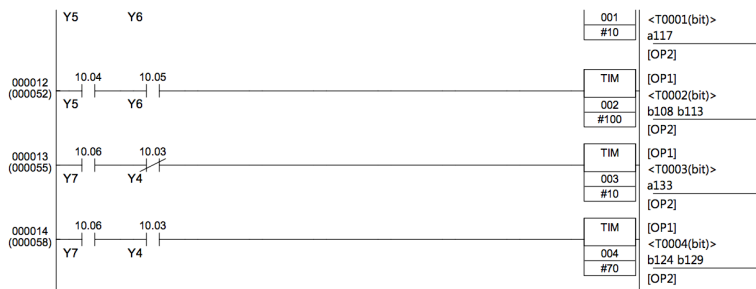
[Halaman ini sengaja dikosongkan]

LAMPIRAN

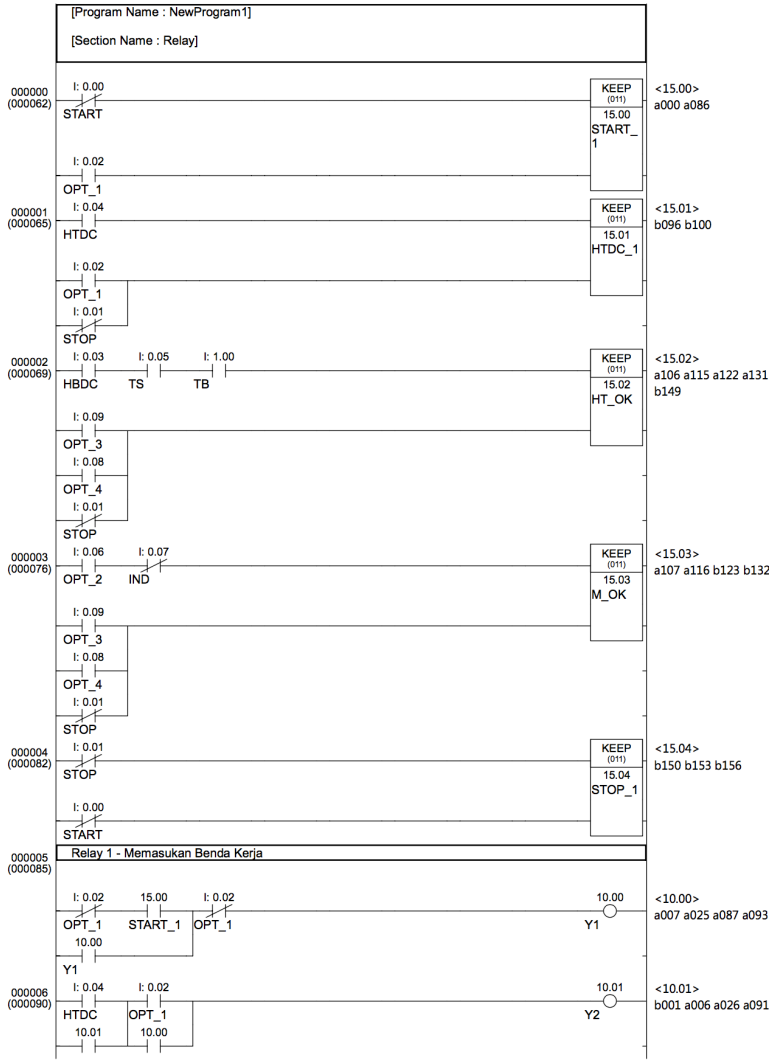
A. Ladder Diagram

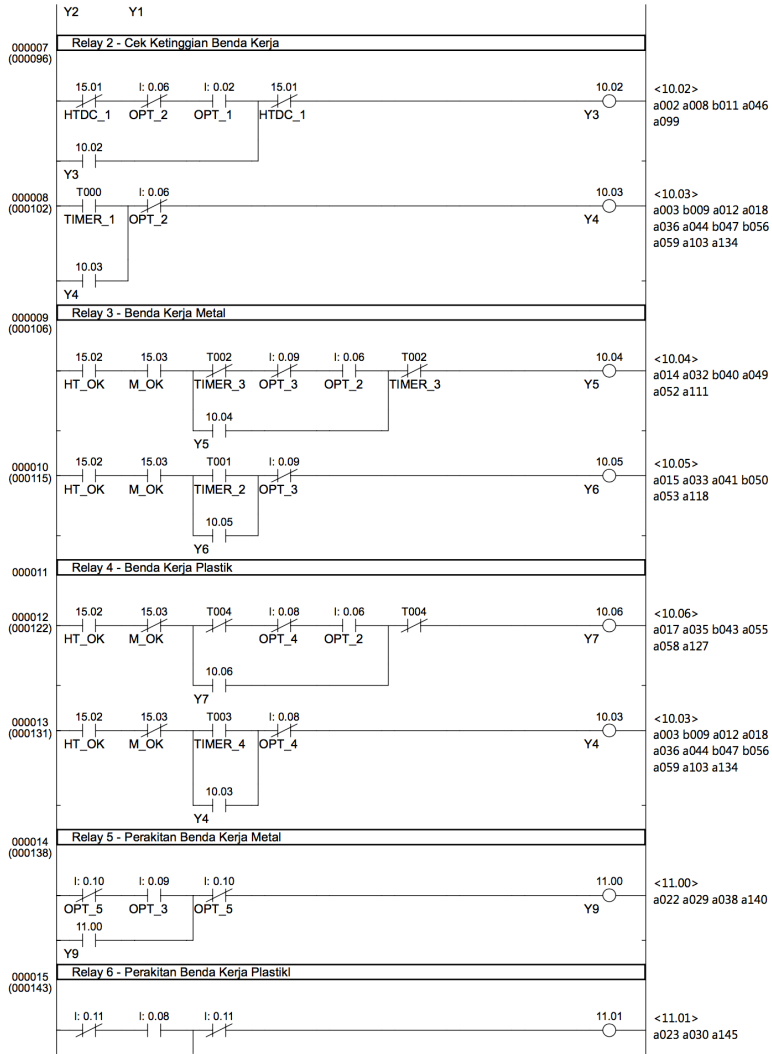
RUNG OUTPUT

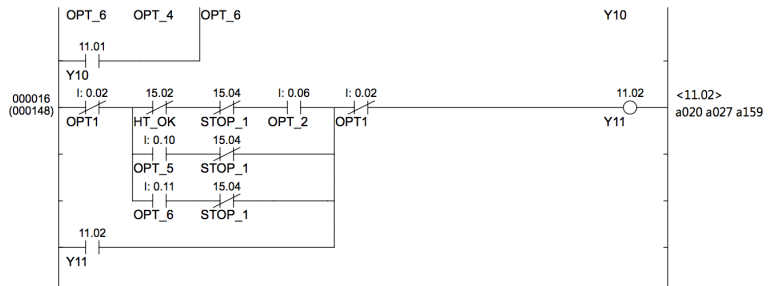




RUNG RELAY







[Halaman ini sengaja dikosongkan]

RIWAYAT HIDUP



Wildan Ramadhan, lahir di Tasikmalaya pada tanggal 26 Februari 1994. Putra pertama dari pasangan ayahanda Rudi Sonjaya Saehuri dan ibunda Nia Dewi Kania Indah. Setelah menempuh pendidikan formal di SDN Cieunteung 2 Tasikmalaya pada tahun 2000 - 2006, SMP Al-Muttaqin Tasikmalaya pada tahun 2006 - 2009 dan SMA Negeri 2 Tasikmalaya pada tahun 2009 - 2012, pendidikan Diploma 3 jurusan Teknik Elektro di Universitas Gadjah Mada pada tahun 2012 - 2015. Kemudian melanjutkan kuliah Lintas Jalur Sarjana di Institut Teknologi Sepuluh

Nopember Surabaya dengan mengambil Jurusan Teknik Elektro, Bidang Studi Teknik Sistem Pengaturan.